

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente 2013/2014

Avaliação da Pegada de Carbono da IKEA

Industry Paços de Ferreira

Rui de Couceiro da Costa Sequeira Ramos

Dissertação submetida para a obtenção do grau de

Mestre em Engenharia do Ambiente

Presidente do júri: Cidália Maria de Sousa Botelho

(Professora Auxiliar do Departamento de Química da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto)

Orientador académico: Sofia Isabel Vieira de Sousa

(Investigadora do LEPAE, Departamento de Engenharia Química da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Supervisor da empresa: Nelma Carina dos Santos Teixeira

(*Environmental Coordinator da IKEA Industry Paços de Ferreira*)



IKEA Industry
Paços de Ferreira

Porto, julho de 2014

“Nothing is more effective than a good example”

Ingvar Kamprad

Agradecimentos

À Doutora Sofia Sousa e à Engenheira Nelma Teixeira o meu reconhecimento, por todo o apoio, orientação atenta, amizade e disponibilidade demonstrada. Sem as suas preciosas ajudas, a realização desta tese não teria sido possível.

Uma palavra de apreço à IKEA *Industry* Paços de Ferreira, por me ter facultado todas as condições necessárias durante a minha estadia na empresa.

Aos colaboradores da IKEA *Industry* Paços de Ferreira, pela forma acolhedora com que me receberam, o que permitiu uma rápida integração no seio deste grupo e pela total disponibilidade demonstrada em me ajudarem durante a elaboração da tese.

A todos os meus amigos, pela amizade, pelos momentos de felicidade e de descontração proporcionados durante este período.

Ao Fernando, pelo acompanhamento, dedicação, amizade e por ter criado todas as condições necessárias para o meu sucesso académico.

À minha família, pela paciência, união, afeto, incentivo e acompanhamento ao longo desta fase da minha vida.

Aos meus pais e à minha irmã, por toda a compreensão, amizade, carinho, apoio e esforço demonstrado ao longo de todo o meu percurso académico. A eles lhes dedico esta tese.

Resumo

A presente dissertação foi realizada na IKEA *Industry* Paços de Ferreira e teve como objetivo o cálculo da pegada de carbono da fábrica referente ao ano de 2013. A avaliação da pegada de carbono foi feita a partir das linhas orientadoras das metodologias DEFRA, GHG *Protocol*, PAS 2050 e sempre que possível, foram utilizados os fatores de emissão associados aos gases com efeito de estufa presentes na legislação portuguesa, no despacho nº 17313/2008.

No cálculo da pegada de carbono foram consideradas duas abordagens distintas: i) abordagem de controlo total, em que foram consideradas as atividades em que a empresa tem autoridade para introduzir e implementar as suas políticas, respondendo por 100% das emissões associadas a estas atividades; e ii) abordagem mais abrangente ao ciclo de vida do produto, onde além das atividades consideradas na abordagem de controlo total, também foram consideradas atividades que são parcialmente controladas pela empresa, nomeadamente em que esta, em caso de necessidade, tem o poder de exigir às instituições que detêm o seu controlo que implementem medidas no sentido de reduzir a pegada de carbono. O resultado final da pegada de carbono expressa o total das emissões de gases com efeito de estufa por cada m² de produto produzido (kg CO₂ eq m⁻²), tendo-se obtido para a abordagem de controlo total o valor de 2,0 kg CO₂ eq m⁻² e para a abordagem mais abrangente ao ciclo de vida do produto o resultado de 2,4 kg CO₂ eq m⁻².

O consumo de energia elétrica da fábrica foi a atividade que mais contribuiu para a pegada de carbono determinada para as duas abordagens, representando 63% da pegada de carbono para a abordagem de controlo total e 53% para a abordagem mais abrangente.

Como os resultados obtidos ultrapassam o limite de 1,5 kg CO₂ eq m⁻² estabelecido pela IKEA, foram propostas duas alternativas para a redução da pegada de carbono que incidiram na produção de energia elétrica a partir de fontes menos poluidoras: i) a instalação de uma unidade de cogeração (a biomassa); e ii) a instalação de painéis solares. A pegada de carbono foi reduzida, respetivamente considerando a unidade de cogeração e a instalação de painéis solares, para valores que se situam dentro do limite imposto pela IKEA de 1,12 kg CO₂ eq m⁻² e 0,75 kg CO₂ eq m⁻² para a abordagem de controlo total e de 1,51 kg CO₂ eq m⁻² e 1,13 kg CO₂ eq m⁻² considerando a abordagem mais abrangente. Apesar da opção pela instalação de painéis solares ser a que contribui para uma maior redução da pegada de carbono, em termos económicos não é viável porque apresenta um período de retorno financeiro de 27 anos e um custo 8,27×10⁷ € (kg CO₂ eq m⁻²)⁻¹ enquanto a opção de instalação de uma caldeira com cogeração tem um período de retorno financeiro de 4 anos e um custo de 1,17×10⁷ € (kg CO₂ eq m⁻²)⁻¹.

No futuro seria importante proceder a um estudo mais completo sobre a pegada de carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira, nomeadamente a expansão das fronteiras para um abordagem *cradle to gate*. No âmbito das propostas de melhoria da pegada de carbono seria importante identificar possíveis soluções para o aumento da eficiência energética, e aprofundar o estudo da viabilidade das alternativas apresentadas para a produção de energia a partir das fontes de energia renováveis que foram apresentadas neste estudo.

Abstract

This work was performed at IKEA *Industry* Paços de Ferreira and aimed to calculate the carbon footprint of the plant during 2013. The assessment of the carbon footprint was performed according to DEFRA guidelines methodologies, GHG Protocol, PAS 2050, and when applicable, the emission factors associated with greenhouse gas emissions available in the Portuguese legislation *Despacho n° 17313/2008*.

Two approaches were considered for the carbon footprint assessment: i) full control approach, which considered the activities in which the company has the authority to introduce and implement its policies, being responsible for 100% of the emissions associated with those activities; and ii) comprehensive product life cycle approach, which considered, in addition to the activities considered in full control approach, activities that are partially controlled by the company, namely those in which, if necessary, the company has the power to require institutions that hold their control to implement measures to reduce the carbon footprint. The final result of the carbon footprint expresses the total emissions of greenhouse gases per m² of product produced (kg CO_{2 eq} m⁻²) and was 2.0 kg CO_{2 eq} m⁻² for the full control approach, and 2.4 kg CO_{2 eq} m⁻² for the comprehensive product life cycle approach.

The electric energy consumption of the plant was the activity that most contributed to the carbon footprint in both approaches, representing 63% of the carbon footprint in full control approach and 53% in comprehensive product life cycle approach.

As the results exceed the limit of 1.5 kg CO_{2 eq} m⁻² established by IKEA, two alternatives have been proposed to reduce the carbon footprint that focused on the production of electricity from less polluting sources: i) the installation of a cogeneration unit (using biomass); and ii) the installation of solar panels. A reduction in the carbon footprint was obtained, being the values, within the limits imposed by IKEA, of respectively for the installation of a cogeneration unit and the installation of solar panels, 1.12 kg CO_{2 eq} m⁻² and 0.75 kg CO_{2 eq} m⁻² for the full control approach and 1.51 kg CO_{2 eq} m⁻² and 1.13 kg CO_{2 eq} m⁻² for the comprehensive product life cycle approach. Although the installation of solar panels was the option that most contributed to the reduction of the carbon footprint, this solution is not economically viable since it has a 27 years payback period and a cost of 8.27×10⁷ € (kg CO_{2 eq} m⁻²)⁻¹ while the option of the installation of a cogeneration unit has a 4 years payback period and a cost of 1.17×10⁷€ (kg CO_{2 eq} m⁻²)⁻¹.

In the future it should be important to conduct a full study about the carbon footprint of IKEA *Industry* Paços de Ferreira, namely to apply a cradle to gate approach. Concerning the proposals to enhance the carbon footprint, it would be important to identify possible solutions to increase energy efficiency and to develop a comprehensive study of the viability of alternatives that were presented for the production of energy from renewable energy sources.

Índice

1.	Enquadramento.....	1
1.1	Relevância	1
1.2	Objetivos e Âmbito do Trabalho.....	2
1.3	Estrutura e Organização da Dissertação	2
2.	Introdução	3
2.1	A Problemática das Alterações Climáticas	3
2.2	Contribuição do Setor Industrial para as Alterações Climáticas	8
2.3	O Conceito da Pegada de Carbono	9
2.4	A Pegada de Carbono na Indústria da Madeira - Estado da Arte	11
3.	Caraterização do Grupo IKEA <i>Industry</i>	16
3.1	Descrição dos Processos Produtivos.....	19
3.1.1	<i>Lacquer & Print</i>	20
3.1.2	<i>Foil</i>	22
3.1.3	<i>Pigment Furniture Factory</i>	23
3.2	Legislação Ambiental Aplicável à IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira	23
3.3	Política Ambiental da IKEA	25
4.	Metodologia.....	29
4.1	Definição do Âmbito.....	29
4.2	Identificação das Atividades	31
4.3	Avaliação da Pegada de Carbono	32
5.	Cálculo da Pegada de Carbono da IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira	34
5.1	Cálculo da Pegada de Carbono na Ótica de Controlo Total (Financeiro e Operacional).....	34
5.1.1	Emissões Diretas	34
	Emissão de Gases Poluentes a Partir das Fontes Fixas	34
	Emissões Resultantes da Combustão de Combustível no <i>Vocsidizer</i>	38
	Emissões Fugitivas	39
	Fontes Móveis de Emissão de Poluentes Pertencentes à Empresa.....	40
	Empilhadores	40
	Viagens de Negócio (Veículos da Empresa)	42
5.1.2	Emissões Indiretas: Consumo de Eletricidade.....	44
5.1.3	Restantes Emissões Indiretas.....	45
	Viagens de Negócio (Meios de Transporte Não Pertencentes à Empresa).....	45
	Consumo de Água	46
	Produção de Resíduos	47
5.1.4	Pegada de Carbono da IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira Segundo as Fronteiras A.....	49
5.2	Cálculo da Pegada de Carbono na Ótica mais Abrangente do Ciclo de Vida do Produto	51
5.2.1	Transporte de Matéria-prima.....	51
5.2.2	Serviços de Assistência Periódica à IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira	52
5.2.3	Deslocação dos Colaboradores para o Trabalho.....	52

5.2.4	Transporte dos Resíduos Produzidos.....	54
5.2.5	Tratamento de Efluentes Líquidos	55
5.2.6	Pegada de Carbono da IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira Segundo as Fronteiras B.....	56
6.	Discussão dos Resultados	58
7.	Medidas de Redução da Pegada de Carbono	62
7.1	Substituição da Caldeira Atual por uma Unidade de Cogeração	62
7.1.1	Dimensionamento da Caldeira.....	63
7.1.2	Análise da Viabilidade da Alternativa.....	64
7.2	Implementação de Painéis Fotovoltaicos.....	66
7.3	Comparação das Alternativas.....	67
8.	Conclusões e Trabalho Futuro	68
	Referências.....	71
	Anexos.....	77
	Anexo A – Caracterização do Aglomerado, MDF e HDF	77
	Anexo B – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020	78
	Anexo C – Monitorização das Emissões Gasosas das Fontes Fixas.....	81
	Anexo D – Emissões Fugitivas.....	82
	Anexo E – Deslocações dos Colaboradores de Avião	83
	Anexo F – Transporte de Matéria-Prima	84
	Anexo G – Deslocações dos Colaboradores.....	85
	Anexo H – Transporte dos Resíduos Produzidos.....	86

Índice de Figuras

Figura 1 – Emissões de gases com efeito de estufa em Portugal entre 1990 e 2012	8
Figura 2 – Distribuição das lojas, centros de distribuição e Indústrias do grupo IKEA pelo mundo.....	17
Figura 3 – Esquema de Distribuição da IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira.....	18
Figura 4 – Exemplos de mobiliário produzido nas três unidades.....	18
Figura 5 – Fluxograma dos processos produtivos da Foil, Lacquer & Print e PFF.....	19
Figura 6 – Armazém de receção da matéria-prima (à esquerda) e máquina de corte Schelling (à direita) 20	
Figura 7 – Corte das placas em cubos (canto superior esquerdo), montagem da moldura (lado direito) e estrutura montada (canto inferior esquerdo).....	20
Figura 8 – Moldura preenchida com cartão (canto superior esquerdo), tampos em HDF (canto inferior esquerdo) e prensa (lado direito).....	21
Figura 9 – Pintura com tecnologia UV (lado esquerdo) e colocação das orlas (lado direito).....	22
Figura 10 – Montagem das embalagens de cartão (lado esquerdo) e embalamento com filme em paletes (lado direito).....	22
Figura 11 – Definição das fronteiras do estudo (A e B) e identificação das atividades que representam emissões diretas a amarelo e as atividades que representam emissões indiretas a azul.	30
Figura 12 – Disposição das fontes fixas pela fábrica.....	35
Figura 13 – Empilhadores utilizados na IKEA <i>Industry</i> . Kalmar (lado esquerdo), empilhador a gás (centro) e o <i>stacker</i> (lado direito)	41
Figura 14 – Contribuição de cada tipo para a pegada de carbono segundo uma abordagem de controlo total.....	58
Figura 15 – Contribuição de cada tipo para a pegada de carbono segundo uma abordagem mais abrangente.....	59
Figura 16 – Balanço energética de uma caldeira com cogeração	64

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Gases com efeito de estufa (GEE) e os respetivos potenciais de aquecimento global.	5
Tabela 2 – Pegada de carbono calculada por peça produzida para os produtos em estudo na publicação APIMRU.	13
Tabela 3 – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020	26
Tabela 4 – Emissões totais de cada poluente e respetiva pegada de carbono associada às fontes fixas no ano de 2013.	37
Tabela 5 – Consumo de GPL e respetiva pegada de carbono associada ao <i>vocsidizer</i> no ano de 2013. .	39
Tabela 6 – Quantidade de gás refrigerante recarregada e respetiva pegada de carbono associada às emissões fugitivas no ano de 2013.	40
Tabela 7 – Consumo de GPL, gasóleo e respetiva pegada de carbono associada à atividade dos empilhadores no ano de 2013	42
Tabela 8 – Fatores de emissão específicos para as emissões de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O	43
Tabela 9 – Distância percorrida, consumo de combustível e respetiva pegada de carbono dos veículos da empresa no ano de 2013.	44
Tabela 10 – Consumo de eletricidade e respetiva pegada de carbono associada à produção, distribuição e transporte no ano de 2013.	44
Tabela 11 – Distância percorrida e respetiva pegada de carbono associada às viagens feitas de comboio no ano de 2013.	45
Tabela 12 – Distância percorrida e respetiva pegada de carbono associada às viagens feitas de avião no ano de 2013.	46
Tabela 13 – Consumo de água e respetiva pegada de carbono para o ano de 2013.	47
Tabela 14 – Quantidade de resíduos produzidos e respetiva pegada de carbono para o ano de 2013.	48
Tabela 15 – Produção da IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira no ano de 2013.	50
Tabela 16 – Pegada de carbono total da IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira segundo as fronteiras A.	50
Tabela 17 – Distância percorrida e pegada de carbono associada ao transporte da matéria-prima no ano de 2013.	51
Tabela 18 – Distância percorrida e pegada de carbono associada aos serviços de assistência periódica no ano de 2013.	52
Tabela 19 – Distância percorrida, consumo de gasóleo, gasolina e respetiva pegada de carbono associada à deslocação dos colaboradores para o trabalho no ano de 2013.	54
Tabela 20 – Pegada de carbono associada ao transporte dos resíduos produzidos no ano de 2013.	55
Tabela 21 – Pegada de carbono associada ao tratamento de efluentes líquidos no ano de 2013.	56
Tabela 22 – Pegada de carbono total da IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira no ano de 2013 segundo as fronteiras B.	56

Tabela 23 – Comparação entre a pegada de carbono de alguns produtos produzidos na IKEA <i>Industry</i> Paços de Ferreira com produtos equivalentes produzidos por outras indústrias.....	61
Tabela 24 – Análise custo-eficácia das alternativas	67
Tabela B1 – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020.....	78
Tabela C1 – Exemplo da Tabela utilizada na monitorização das emissões gasosas das fontes fixas no ano de 2013.....	81
Tabela D1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada às emissões fugitivas.....	82
Tabela E1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada às deslocações de avião dos colaboradores no ano de 2013.....	83
Tabela F1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de matéria-prima durante o ano de 2013.....	84
Tabela G1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada à deslocação dos colaboradores durante o ano de 2013.....	85
Tabela H1 – Exemplo da monitorização feita durante 22 dias da distância percorrida no transporte dos resíduos produzidos pela IKEA <i>Industry</i>	86

Lista de Acrónimos

ACV	– Avaliação do Ciclo de Vida
AF	– Ano Fiscal
APA	– Agência Portuguesa do Ambiente
APIMRU	– Associação de Pesquisa da Indústria do Mobiliário do Reino Unido
BOF	– Board On Frame
BP	– <i>British Petroleum</i>
BSI	– <i>British Standard Institution</i>
CQNUAMC	– Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas
DEFRA	– <i>Department for Environment Food and Rural Affairs</i>
DEI	– Diretiva relativa às Emissões Industriais
E-PRTR	– Registo Europeu de Emissões e Transferências de Poluentes
FE	– Fator de Emissão
FF	– Fontes Fixas
GEE	– Gases com Efeito de Estufa
GHG	– <i>Greenhouse Gas Protocol</i>
GPL	– Gás Petróleo Liquefeito
HDF	– High Density Fiberboard
IPCC	– <i>Intergovernmental Panel for Climate Change</i>
LA	– Licença Ambiental
LED	– <i>Light Emitting Diode</i>
MDF	– <i>Medium Density Fiberboard</i>
OIT	– Organização Internacional do Trabalho
ONG	– Organizações Não Governamentais
PAG	– Potencial de Aquecimento Global
PAS 2050	– <i>Publicly Available Specification 2050</i>
PCI	– Poder Calorífico Inferior
PCIP	– Prevenção e Controlo Integrados da Poluição
PDA	– Plano de Desempenho Ambiental
PFF	– <i>Pigment Furniture Factory</i>
PGS	– Plano de Gestão de Solventes
PME	– Pequenas e Médias Empresas
RAA	– Relatório Ambiental Anual
REI	– Regime das Emissões Industriais
UV	– Ultra Violeta
WBCSD	– <i>World Business Council for Sustainable Development</i>

1. Enquadramento

1.1 Relevância

Ao longo de mais de dois séculos de exploração intensiva dos recursos naturais e do crescimento exponencial e descontrolado da emissão de gases com efeito de estufa (GEE) para a atmosfera, nunca foi dada importância ao tema porque o planeta dispunha de capacidade para mitigar os efeitos associados aos GEE (Weart, 2013). O conceito de alterações climáticas do ambiente é relativamente recente, sendo usado com frequência há apenas pouco mais do que três décadas. Só com o aparecimento dos primeiros sinais nos finais da década de 1970 e início da de 1980 de que a crescente emissão de GEE para a atmosfera estava a colocar em risco a vida do homem é que começaram a surgir preocupações ambientais e a consciencialização de que era necessário inverter o rumo e tomar medidas em prol da redução das concentrações de GEE na atmosfera (Santos, 2012).

O agravamento das alterações climáticas verificado nestes últimos anos coloca pressão a nível mundial nas indústrias que contribuem para a degradação do ambiente. É neste seguimento que surge a necessidade das indústrias calcularem as suas pegadas de carbono, para que possam ser quantificados os respetivos contributos para o aquecimento global através da emissão de gases com efeito de estufa (EPA, 2012).

Numa sociedade em que se assiste ao aumento constante da consciência ambiental e em que as preocupações ambientais se tornam cada vez mais parte do quotidiano, as políticas ambientais tornam-se relevantes para o sucesso de uma empresa num mercado cada vez mais informado e exigente. É neste contexto que as boas práticas ambientais das empresas começaram a ser usadas como argumento de *marketing* e que surgiu o conceito de ecoeficiência. As questões ambientais deixaram de representar um custo acrescido para as empresas, passando a ser vistas como uma mais-valia que ajuda a aumentar a competitividade no mercado.

Internacionalmente o grupo IKEA é conhecido pelo enorme valor que dá à componente social e pelas constantes preocupações em proteger o ambiente, através da implementação de políticas ambientais ambiciosas e rigorosas. Daí a relevância do presente estudo não só porque permite quantificar a pegada de carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira, como também identificar e avaliar os principais componentes da sua pegada de carbono, criar metodologias que permitam avaliar e monitorizar a evolução da pegada de carbono ao longo do tempo, estabelecer um plano de estratégias para reduzir a pegada de carbono ao longo do tempo, ganhar vantagem competitiva, melhorar a eficiência energética e consequentemente, numa perspectiva a longo prazo, reduzir custos.

1.2 Objetivos e Âmbito do Trabalho

O presente trabalho foi realizado na empresa IKEA *Industry* Paços de Ferreira, pertencente ao grupo industrial internacional do grupo IKEA, no âmbito da dissertação da tese para obtenção do grau de mestre em Engenharia do Ambiente, tendo como meta avaliar o seu desempenho ambiental a partir da concretização dos seguintes objetivos: i) determinar a pegada de carbono relativa ao ano de 2013; ii) identificar as atividades que mais contribuem para a pegada de carbono; iii) criar uma ferramenta que permita avaliar e monitorizar a evolução da pegada de carbono ao longo do tempo; e iv) identificar/avaliar alternativas que permitam reduzir a pegada de carbono a partir da análise custo-eficácia e do tempo expectável de retorno financeiro das soluções propostas, fazendo uma análise comparativa e quantitativa da redução da pegada de carbono provocada pela implementação dessas mesmas alternativas.

1.3 Estrutura e Organização da Dissertação

A dissertação está dividida em oito capítulos, cujos conteúdos se sintetizam de seguida:

No capítulo 1 começa por se fazer uma pequena contextualização do tema da dissertação. De seguida são apresentados os objetivos e âmbito do trabalho e por fim a estrutura e organização da dissertação.

No capítulo 2 é abordado o tema das alterações climáticas no planeta, incluindo uma breve contextualização histórica e, em particular, a contribuição do setor da indústria da madeira para as alterações climáticas. Por último segue-se o conceito da pegada de carbono e o estado da arte, onde se encontram alguns estudos publicados sobre o tema.

No capítulo 3 apresenta-se o grupo IKEA *Industry* e posteriormente a IKEA *Industry* Paços de Ferreira, onde é descrito com detalhe todo o processo produtivo da unidade. É referida a legislação ambiental aplicável à empresa e são expostas as políticas ambientais implementadas pelo grupo.

No capítulo 4 é descrita a metodologia utilizada na determinação da pegada de carbono, as fronteiras e as atividades definidas para o estudo e a fórmula genérica utilizada na avaliação da pegada de carbono.

No capítulo 5 é feito o cálculo da pegada de carbono, onde se inserem as equações específicas utilizadas para cada atividade, as considerações e os pressupostos assumidos, o inventário considerado e os resultados obtidos.

No capítulo 6 são discutidos os resultados obtidos no cálculo da pegada de carbono, onde se inclui a análise quantitativa da contribuição das atividades e dos tipos de emissões na pegada de carbono.

No capítulo 7 são apresentadas e avaliadas as alternativas com vista à redução da pegada de carbono da empresa, com base na análise custo-eficácia e período de retorno financeiro.

No capítulo 8 apresentam-se as conclusões do trabalho realizado bem como as recomendações para estudos futuros que venham a ser realizados no âmbito desta dissertação.

2. Introdução

2.1 A Problemática das Alterações Climáticas

Desde a grande revolução industrial que se iniciou nos finais do século XVIII e se prolongou até aos princípios do século XIX, tem-se assistido a um crescimento demográfico e económico exponencial da população mundial, inevitavelmente associado ao aumento da exploração dos recursos naturais e das necessidades energéticas para que os níveis de qualidade de vida das pessoas se mantenham (Weart, 2013).

Ao longo de mais de dois séculos de exploração intensiva e descontrolada dos recursos naturais para dar resposta às necessidades da sociedade, as preocupações ambientais foram sempre postas de parte porque não havia sinais que evidenciassem que a atividade humana estava a degradar o estado do ambiente (Santos e Dias, 2008). No entanto, o ecossistema terrestre já não conseguia suportar nem dar resposta às necessidades da população mundial. Desde então, surgiu a necessidade de mudança de atitude e de apostar num crescimento sustentável apoiado nos pilares sociais, económicos e ambientais para que o futuro das gerações seguintes não ficasse comprometido (Mebratu, 1998; Santos, 2012).

Em 1988 na Conferência *on the Changing Atmosphere* em Toronto, concluiu-se que a maioria das alterações climáticas resultavam do aquecimento global e do efeito estufa, em grande parte causados por ações antropogénicas. O uso de combustíveis fósseis e de outras substâncias prejudiciais desde o início da era industrial libertam uma grande quantidade de gases poluentes para a atmosfera, colocando em risco não só as gerações futuras, como também a natureza e os animais (UNFCCC, 2014).

Em 1990 foi publicado o primeiro relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, do inglês *Intergovernmental Panel for Climate Change*), alertando para o aquecimento global, tendo sido o documento base da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (CQNUMC) (UNFCCC, 2014). Em 1992 na ECO-92, realizada no Rio de Janeiro, ficou decidido que os países eram responsáveis pela conservação do clima, independentemente da sua dimensão geográfica (IPAM, 2014). Este processo culminou em 1997 com a celebração do Protocolo de Quioto, marcando um passo importante para a mudança de atitude e consciencialização ambiental (UNFCCC, 2014).

O Protocolo de Quioto é um acordo internacional ligado à CQNUMC celebrado por 175 países, com metas de redução de emissões a nível internacional vinculativas para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito de estufa, considerados como causas antropogénicas do aquecimento global (UNFCCC, 2014). Discutido e negociado em Quioto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 11 de Dezembro de 1997 e ratificado em 15 de Março de 1999. A sua entrada em vigor, em Fevereiro de 2005, exigia a ratificação por 55 países, que juntos produzissem 55% das emissões globais. Os países que assinaram o Protocolo de Quioto propuseram-se a cumprir um calendário de redução das emissões em pelo menos 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012 (IPAM, 2014).

Reconhecendo que os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelos atuais níveis elevados de emissões de GEE na atmosfera, como resultado de mais de 150 anos de atividade industrial, o Protocolo de Quioto coloca um fardo mais pesado em nações desenvolvidas sob o princípio de "responsabilidades comuns mas diferenciadas", defendendo que os países mais desenvolvidos dispõem de melhores técnicas e melhor capacidade económica para suportar os programas de redução das emissões de GEE. Países em franco desenvolvimento, como Brasil, México, Argentina e Índia, não receberam inicialmente metas de redução (UNFCCC, 2014).

Portugal ratificou o Protocolo de Quioto em 2002, comprometendo-se a limitar as suas emissões no período entre 2008 e 2012 em 27% face ao valor das emissões verificadas em 1990 (APA, 2014a).

O Protocolo de Quioto estipula que os países devem cumprir os seus objetivos principalmente através da implementação de medidas nacionais. No entanto, cria instrumentos adicionais baseados no mercado para ajudar à concretização das metas acordadas, os designados mecanismos de flexibilidade: i) mecanismo do comércio internacional de emissões - a compra e venda de emissões de carbono; por outras palavras, um país pode vender partes das cotas de emissão de carbono a que tem direito caso as suas emissões de carbono para atmosfera não atinjam o limite estipulado a outro país que ultrapasse o seu limite de emissão máximo; ii) mecanismo do desenvolvimento limpo - os países desenvolvidos que estão sujeitos ao compromisso de redução de emissões de carbono, podem financiar a implementação de projetos de redução de emissões nos países em desenvolvimento, obtendo em troca créditos de redução de emissões, cada um equivalente a uma tonelada de CO₂, o que pode ser contado para o cumprimento das metas de Quioto; e iii) mecanismo de implementação conjunta - permite que os países que necessitem de reduzir as suas emissões para cumprir o protocolo, possam ganhar unidades de redução das emissões caso cooperem com países menos desenvolvidos através de transferência de tecnologia ou de investimentos que se traduzam em benefícios económicos para esses países (UNFCCC, 2014).

A assinatura deste protocolo obriga a monitorizar a emissão dos gases que contribuem mais significativamente para o agravamento do efeito de estufa. Os gases que têm uma contribuição mais significativa para o efeito de estufa, onde naturalmente se incluem os seis gases considerados pelo Protocolo de Quioto (CO₂, N₂O, CH₄, HFC, PFC e SF₆) e os respetivos potenciais de aquecimento global (PAG) expressos em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂ eq) apresentam-se na Tabela 1. Entende-se por PAG, a capacidade que um determinado gás tem em contribuir para o efeito de estufa, tendo como referência o CO₂ (UNFCCC, 2011).

Tabela 1 – Gases com efeito de estufa (GEE) e os respetivos potenciais de aquecimento global (PAG)
(adaptado de UNFCCC, 2014; Johnke, 2000; BSI, 2011).

GEE ^(a)	PAG ^(b;c)
CO ₂	1,0 ^(b)
Metano (CH ₄)	25,0 ^(b)
Óxido nitroso (N ₂ O)	298,0 ^(b)
Perfluorocarbonetos (PFC)	7,4-12,2 ^(b)
Hidrofluorcarbonetos (HFC)	1,4-675,0 ^(b)
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	22,8 ^(b)
Dióxido de enxofre (SO ₂)	n.d. ^(d)
Óxido de nitrogénio (NO _x)	8,0 ^(c)
Monóxido de carbono (CO)	3,0 ^(c)
Compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM)	11,0 ^(c)

^(a) UNFCCC, 2014; ^(b) BSI, 2011; ^(c) Johnke, 2000; ^(d) n.d. – não definido; na bibliografia consultada, não foi possível encontrar o valor para o PAG do SO₂.

O CO₂ é o principal GEE, no qual as atividades humanas interferem, e é emitido pela queima de combustíveis fósseis, produção de resíduos sólidos e ainda a partir de algumas reações químicas. Em condições normais, encontra-se presente naturalmente na atmosfera, fazendo parte integrante do ciclo do carbono da terra. As atividades humanas estão a provocar um desequilíbrio no ciclo natural de carbono, através da emissão de mais CO₂ antropogénico para a atmosfera reduzindo-se a capacidade da natureza para o remover da atmosfera através do ciclo biológico do carbono, como é exemplo a desflorestação (EPA, 2014).

O CH₄ provém essencialmente da combustão de gás natural nas indústrias. Os processos naturais no solo e as reações químicas na atmosfera ajudam a remover este gás. O tempo de vida do CH₄ na atmosfera é muito mais curto do que o do CO₂, no entanto, é mais eficiente na captação de radiação do que o CO₂. Daí que o PAG do CH₄ seja cerca de 25 vezes superior ao do CO₂ (EPA, 2014).

O N₂O está presente naturalmente na atmosfera, integrando ciclo do azoto da terra. No entanto, a concentração de N₂O na atmosfera está a aumentar consideravelmente por efeito da agricultura, da queima de combustíveis fósseis e das atividades industriais. As moléculas de N₂O podem permanecer na atmosfera por um período médio de 120 anos, pelo que o PAG do N₂O é 298 vezes superior ao do CO₂ (EPA, 2014).

Ao contrário de muitos outros GEE, os gases fluorados provêm exclusivamente de atividades humanas. São emitidos através de uma variedade de processos industriais, tais como a produção de alumínio e de semicondutores. Muitos gases fluorados têm um PAG muito elevado, pelo que pequenas concentrações atmosféricas podem ter grandes efeitos sobre as temperaturas globais. Um dos grandes problemas associados a estes gases é o seu longo tempo de vida na atmosfera, que pode chegar aos milhares de

anos. Os gases fluorados são removidos da atmosfera apenas quando são destruídos pela radiação. Há três categorias principais de gases fluorados – HFC, PFC e SF₆ (BSI, 2011).

Os HFC são utilizados como refrigerantes, propulsores de aerossóis, solventes e retardadores de fogo. A principal fonte de emissões destes compostos é a sua utilização como agentes refrigerantes. Estes produtos químicos foram desenvolvidos com a finalidade de substituir os clorofluorcarbonetos (CFC) e os hidroclorofluorcarbonetos (HCFC). Em 1987 foi assinado Protocolo de Montreal em que os países signatários se comprometeram a substituir as substâncias que demonstrarem contribuir para a diminuição do ozono na estratosfera (vulgarmente denominada camada de ozono), como é o caso dos CFC e dos HCFC (BSI, 2011). Os PFC são um subproduto de vários processos industriais associados à produção de alumínio e ao fabrico de semicondutores. O SF₆ é utilizado no processamento de magnésio e no fabrico de semicondutores, como um gás marcador para a deteção de fugas, e também em equipamentos de transmissão de energia elétrica. É considerado o GEE mais potente que o IPCC avaliou, tendo um PAG de 22,80 (EPA, 2014).

O CO tem um PAG 3 vezes superior ao do CO₂ e é o principal produto resultante da combustão incompleta de combustíveis. Ao fim de um determinado tempo, o CO é oxidado na atmosfera por processos atmosféricos naturais, originando CO₂. A presença deste gás na atmosfera reduz a disponibilidade do radical •OH, aumentando o tempo de vida útil na atmosfera do CH₄ (MacCarty *et al.*, 2007).

Os NO_x são produzidos durante os processos de combustão e são fortes oxidantes que reagem facilmente com a água existente na atmosfera, originando chuva ácida caso se forme ácido nítrico (HNO₃). Através de diversas reações químicas complexas, os NO_x interagem com os gases existentes na troposfera e na estratosfera, aumentando as suas capacidades de absorção da radiação. O papel catalisador do NO_x na produção de ozono troposférico proporciona a contribuição mais proeminente (MacCarty *et al.*, 2007).

O SO₂ é maioritariamente produzido por processos industriais e pelo tráfego de veículos a motor. Uma vez que o enxofre é um composto abundante no carvão e petróleo, as suas combustões emitem quantidades consideráveis de SO₂. Na atmosfera, o SO₂ dissolve-se no vapor de água, formando um ácido que interage com outros gases e partículas aí presentes, originando sulfatos e outros poluentes secundários nocivos. Da oxidação completa do SO₂ na presença de um catalisador, como dióxido de azoto (NO₂), resulta o ácido sulfúrico (H₂SO₄) originando a chuva ácida, sendo esta uma das principais causas de preocupação sobre o impacto ambiental da utilização destes combustíveis (EPA, 2014). Quando o H₂SO₄ condensa pode originar aerossóis compostos por enxofre. Os aerossóis são partículas extremamente pequenas e com um elevado poder refletivo, o que pode provocar a alteração das características de absorção da radiação na atmosfera (GHG, 2014).

Os COVNM são produtos químicos que facilmente evaporam à temperatura ambiente, como o benzeno, xileno, propano e butano e são de especial preocupação pois, na presença do sol, estes compostos podem participar juntamente com o NO_x na formação de ozono troposférico e outros oxidantes através de

reações fotoquímicas. São emitidos principalmente devido ao transporte e aos processos industriais, bem como a partir queima de biomassa e consumo não-industrial de solventes orgânicos. As concentrações de COVNM tendem a ser de curta duração na atmosfera e especialmente variáveis (GHG, 2014).

As alterações climáticas têm vindo a ser identificadas como uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas que o planeta e a humanidade enfrentam na atualidade. Tanto a CQNUAC como as negociações a decorrer sobre o regime climático pós-Quito, têm como principal intuito a estabilização e manutenção das concentrações de GEE na atmosfera em níveis que evitem perigosas interferências antropogénicas no sistema climático. Para tal, a temperatura global anual média da superfície terrestre não deverá ultrapassar 2°C em relação aos níveis pré-industriais (APA, 2014a).

Tendo-se em conta que a emissão de GEE é um fenómeno observado em diversos sectores de atividade, torna-se claro o carácter transversal das políticas de mitigação das alterações climáticas e de adaptação aos seus efeitos (APA, 2014a).

Por forma a enfrentar as alterações climáticas, duas abordagens podem ser seguidas: i) a mitigação – que tem como objetivo a redução da emissão de GEE para a atmosfera; e ii) a adaptação - que visa minimizar os efeitos negativos das alterações climáticas nos sistemas biofísicos e socioeconómicos (APA, 2014a).

De acordo com a mais recente avaliação publicada em 2013 pelo IPCC, o aquecimento global é inequívoco e muitas das mudanças climáticas observadas não têm precedentes ao longo de décadas. A influência humana sobre o aquecimento global da terra é clara, sendo a causa dominante do aquecimento observado desde meados do século XX. Caso as emissões de GEE não sofram uma redução drástica, as alterações climáticas continuarão a acentuar-se cada vez mais (Stocker *et al.*, 2013).

A temperatura média da atmosfera aumentou 0,85°C entre 1880 e 2012. Previsões apontam para uma subida da temperatura da superfície global de 1,5°C em relação ao período entre 1850/1900 até ao final do século XXI e tudo aponta para que esta tendência se continue a verificar para além de 2100 (GHG, 2014). A taxa de aumento do nível médio do mar desde meados do século XIX tem sido maior do que a taxa média durante os dois milénios anteriores. O nível médio do mar subiu 0,19 metros entre 1901 e 2010, e tudo indica que continue a subir durante o século XXI, a uma taxa muito superior à observada durante o período compreendido entre 1971 e 2010 (Stocker *et al.*, 2013).

As concentrações atmosféricas de CO₂, CH₄ e N₂O atingiram níveis sem precedentes, registando-se um aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera de 40% desde os tempos pré-industriais (Stocker *et al.*, 2013).

Relativamente ao caso concreto Português, entre o ano de 1990 e 2011, a emissão de GEE cresceu a um ritmo médio de 0,7% por ano. Durante a década de 90 as emissões de GEE aumentaram significativamente, estabilizando desde 2000 até 2005. A partir de 2005, devido principalmente à crise económica Portuguesa mas também devido à melhoria da eficiência energética dos processos industriais e ao aumento da utilização de energia renovável inverteu-se a tendência, começando a verificar-se a

diminuição das emissões de GEE (APA, 2013). Na Figura 1 podemos observar a evolução das emissões a partir de 1990 até 2012.

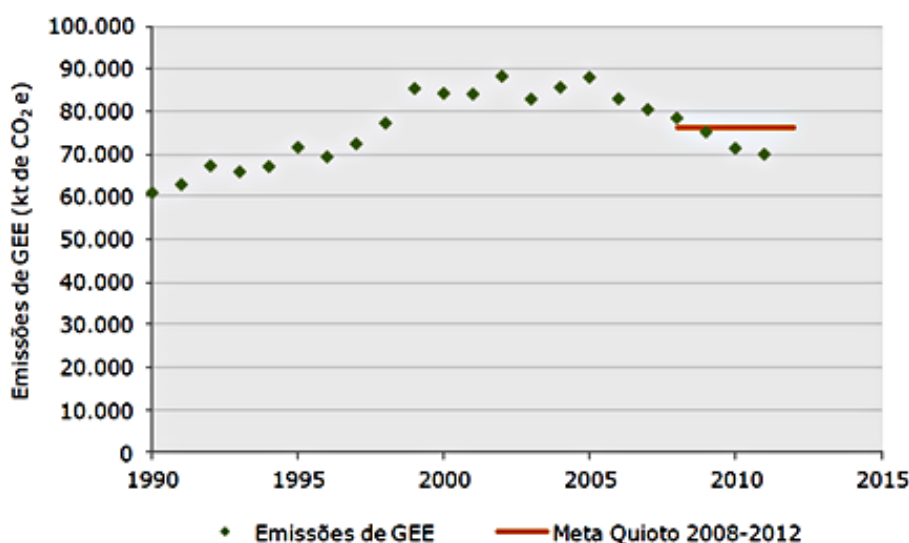


Figura 1 – Emissões de gases com efeito de estufa (GEE) em Portugal entre 1990 e 2012 (APA, 2013).

O valor nacional de emissões dos GEE (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC e SF₆) foi de cerca de 70 Mt CO₂ eq, sendo o CO₂ responsável por 73,6 % do total, seguido do CH₄ com 17,8% e do N₂O com 6,4%, o que representa um aumento de 14,8% face a 1990, valor abaixo da meta nacional de cumprimento no âmbito do Protocolo de Quioto para o período 2008-2012. O sector da energia apresentou a maior contribuição com 71%, sendo os transportes e a produção e transformação de energia os subsectores com maior relevância (APA, 2013).

2.2 Contribuição do Setor Industrial para as Alterações Climáticas

A preocupação crescente com as alterações climáticas a nível mundial coloca pressão nas indústrias que contribuem para a degradação do ambiente, obrigando-as a adquirir consciência ambiental através da elaboração de estudos focados na monitorização, controlo e redução da emissão de GEE (EPA, 2012).

Na maioria dos países, o CO₂ é responsável por mais de 90 % das emissões de GEE, proveniente de três fontes: i) uso de combustíveis fósseis diretamente para obtenção de energia para aquecimento e indiretamente na geração de energia elétrica e vapor; ii) os usos não-energéticos de combustíveis fósseis; e iii) em fontes de combustível não fóssil. O contributo do setor industrial é considerável, estimando-se que o total de emissões de GEE do setor industrial a nível mundial é cerca de 12 Gt CO₂ eq por ano. Em 2004 a participação mundial da indústria no consumo primário de energia foi de 37% (Metz *et al.*, 2007).

Foram desenvolvidas para o setor industrial muitas opções de mitigação das emissões de GEE, de três tipos: i) procedimentos operacionais; ii) tecnologias setoriais; e iii) tecnologias específicas do processo (Metz *et al.*, 2007).

As grandes empresas multinacionais são responsáveis por uma grande parte das emissões deste setor, no entanto, as pequenas e médias empresas (PME) são importantes em países em desenvolvimento. Por exemplo, na Índia, as PME têm participações significativas no setor dos metais, produtos químicos, alimentos e indústrias de papel e celulose. As PME podem não ter a capacidade técnica ou económica para instalar o equipamento necessário ou são mais lentas no processo de mudança, o que cria desafios especiais para mitigar as emissões de GEE (Metz *et al.*, 2014).

Em Portugal, as atividades industriais são responsáveis por 12,6% das emissões de GEE. O abrandamento da atividade industrial nacional e a cessação de algumas atividades por deslocação para outros países, bem como a situação mais recente de recessão económica influenciaram em larga escala a redução da pegada de carbono registada nos últimos anos (APA, 2013).

O desenvolvimento sustentável e a economia de baixo carbono são uma prioridade na agenda global no que diz respeito aos problemas ambientais, sendo a pegada de carbono um conceito amplamente utilizado no debate público sobre a responsabilidade e a necessidade de agir no sentido de combater as alterações climáticas a nível mundial (Wiedmann e Minx, 2007).

2.3 O Conceito da Pegada de Carbono

Muitas empresas e organizações calculam a sua pegada de carbono com o objetivo de quantificar os seus contributos para o aquecimento global através da emissão de GEE, gerir riscos, identificar as atividades e/ou processos mais poluentes, possíveis oportunidades para redução da pegada de carbono, ganhar vantagem competitiva, melhorar a eficiência energética e consequentemente reduzir custos (Matthews *et al.*, 2008).

No setor industrial, uma vasta gama de esforços têm sido feitos para garantir a intensa competição internacional no âmbito do desenvolvimento sustentável, para o que têm sido propostas abordagens sistemáticas para avaliar as emissões de carbono em sistemas de produção, sendo a pegada de carbono usada como uma ferramenta preponderante na determinação das emissões de carbono. No entanto, não existe nenhuma definição única, clara e universal para o conceito de pegada de carbono. Há definições que consideram única e exclusivamente as emissões diretas de CO₂ no cálculo da pegada de carbono e outras que consideram a emissão de GEE associados a todas as etapas do ciclo de vida do objeto em estudo. Nem mesmo as unidades de medida são claras (Wiedmann e Minx, 2007).

Segundo Wiedmann e Minx (2007), para a *British Petroleum* (BP) a pegada de carbono expressa-se em kg CO₂, e corresponde à quantidade de carbono que resulta das nossas atividades diárias. Por outro lado, de acordo com a *Carbon Trust* (organização inglesa sem fins lucrativos que tem como objetivo ajudar as empresas a reduzir as suas pegadas de carbono), a pegada de carbono é expressa em kg CO₂ eq e é considerada um indicador que consiste na quantificação dos gases com potencial para o aquecimento global libertados direta ou indiretamente para a atmosfera durante a atividade de uma organização, indivíduo ou ciclo de vida de um produto. Esta definição considera que existem vários gases que

contribuem para o efeito de estufa, atribuindo um fator de conversão para cada um dos poluentes – o PAG (Wiedmann e Minx, 2007).

Existem essencialmente dois tipos de pegada de carbono, a organizacional e a de um produto. A pegada de carbono organizacional é dirigida a empresas ou organizações, englobando as emissões de todas as atividades, incluindo edifícios, uso de energia, processos industriais e veículos da empresa. A pegada de carbono de um produto consiste numa avaliação do seu ciclo de vida (ACV), ou seja, na determinação das emissões durante a vida útil de um produto ou serviço, abrangendo todas as fases desde a extração de matérias-primas até à sua reutilização final, reciclagem ou eliminação (APIMRU, 2011).

Um pressuposto essencial no processo de cálculo da pegada de carbono é a definição dos limites ou fronteiras de forma a relatar todas as emissões relevantes, controladas e que reflitam o conteúdo e atividade económica do objeto em estudo. De acordo com as fronteiras selecionadas, a ACV pode ser do tipo: i) *cradle to grave*, que considera todas as etapas desde a extração da matéria-prima até ao fim de vida; ii) *cradle to gate*, em que são consideradas todas as atividades desde a extração da matéria-prima até à etapa em que o produto chega ao cliente; e iii) *gate to gate*, em que apenas é considerada uma etapa ao longo de toda a cadeia de valor do produto (APIMRU, 2011).

No cálculo da pegada de carbono, consideram-se dois tipos de emissões de GEE: i) as emissões diretas, que são provenientes de fontes que são propriedade ou controladas pela empresa, também denominadas por emissões do tipo 1; ii) as emissões indiretas, que são consequência da atividade da empresa mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa, também denominadas por emissões do tipo 2 (que englobam as emissões associadas ao consumo de energia elétrica) e emissões do tipo 3 (que correspondem às restantes emissões como por exemplo a extração e produção de matéria-prima comprada) (Ranganathan *et al.*, 2014).

Para que as metodologias utilizadas no cálculo da pegada de carbono possam alcançar o objetivo de serem consistentes, robustas e reproduzíveis, têm obrigatoriamente que cumprir os seguintes requisitos: i) Relevância - todos os métodos e os dados utilizados com o intuito de quantificar a pegada de carbono, devem ser tão relevantes para o estudo quanto possível; ii) Abrangência - a quantificação da pegada de carbono deve incluir todos os fluxos de materiais/energia dentro do inventário selecionado que contribuem significativamente para a emissão de GEE; iii) Consistência - os resultados obtidos podem ser comparados ao longo do tempo e devem ser registadas todas as alterações de dados que possam ocorrer como, por exemplo, os limites de inventário; iv) Precisão - devem ser tomadas todas as medidas adequadas para reduzir as incertezas, devendo ser conseguida uma exatidão suficiente que permita aos utilizadores decidirem com segurança quanto à integridade da informação comunicada; v) Transparência - tratar todos os assuntos relevantes de forma coerente e factual, com base numa auditoria transparente (EC, 2013).

Em 2011 a pegada de carbono de Portugal apresentou uma das mais baixas capitações da união europeia com um valor de 6,6 t de CO₂ eq por habitante, sendo o valor médio da união europeia 9,0 t de CO₂ eq por habitante.

2.4 A Pegada de Carbono na Indústria da Madeira - Estado da Arte

A revisão bibliográfica teve como objetivo pesquisar e reunir estudos realizados sobre a pegada de carbono no setor da indústria de mobiliário a nível mundial. A pesquisa bibliográfica foi feita recorrendo a bases de dados - *Science Direct*, *Scopus* e *Pubmed* - organizações oficiais portuguesas e estrangeiras, metodologias e ferramentas de auxílio ao cálculo da pegada de carbono e empresas no ramo da indústria do mobiliário. Embora não tenha sido estabelecido nenhum critério para limitar a língua em que os estudos foram publicados, todos os estudos encontrados estavam escritos em Inglês ou Português.

Devido à dificuldade em encontrar estudos que se referissem especificamente à indústria de mobiliário, foram incluídas publicações que não cobriam inteiramente o objetivo deste estudo, nomeadamente a determinação da pegada de carbono associada à produção de produtos que são utilizados como matéria-prima na produção de mobiliário (produto final da IKEA Industry).

Concluída a pesquisa, foram selecionados dois artigos científicos publicados na área, três metodologias de auxílio ao cálculo da pegada de carbono, um estudo elaborado por uma associação industrial e por fim quatro estudos realizados por empresas do ramo que serão descritos seguidamente.

Existem várias metodologias de referência para determinação da pegada de carbono com guias ou documentos normativos, nomeadamente: i) o protocolo dos gases com efeito de estufa (GHG, do inglês *Greenhouse Gas Protocol*); ii) a metodologia do Departamento para o Ambiente, Alimentação e Assunto Rurais do Reino Unido (DEFRA, do inglês *Department for environment, food and rural affairs*); e iii) a metodologia da especificação para a avaliação das emissões de gases com efeito de estufa do ciclo de vida de bens e serviços (PAS 2050, do inglês *Publicly Available Specification 2050*).

A iniciativa GHG surgiu de uma parceria de negócios entre Organizações Não Governamentais (ONG), governos e outras entidades, reunidos pelo Instituto Mundial dos Recursos que é uma ONG ambiental sediada nos Estados Unidos da América, e pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, do Inglês *World Business Council for Sustainable Development*), uma coligação de 200 empresas internacionais, sediada em Genebra. A missão desta parceria é desenvolver uma norma internacionalmente aceite de monitorização e comunicação das emissões de GEE (GHG, 2014). O protocolo GHG fornece normas e diretrizes para empresas e outro tipo de organizações, que estejam a preparar inventários de emissões de GEE. Compreende registos e relatórios dos seis GEE, abrangidos pelo Protocolo de Quioto - CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC e SF₆, funcionando como um guia que explica passo a passo, como quantificar as emissões de GEE das empresas. As atividades consideradas na quantificação das emissões de GEE são a produção e o transporte da eletricidade comprada, aparelhos de refrigeração e ar condicionado, fontes estacionárias e móveis de combustão e a gestão de resíduos (Ranganathan *et al.*, 2014).

A metodologia utilizada pelo DEFRA permite determinar a pegada de carbono de várias atividades. Considera como GEE o CO₂, CH₄, N₂O e fornece os seus fatores de emissão específicos para o Reino Unido. As atividades consideradas são o consumo de combustíveis, produção e distribuição de

eletricidade, aparelhos refrigerantes, consumo de água e produção e tratamento de resíduos (DEFRA, 2013).

A metodologia PAS 2050 foi desenvolvida no Reino Unido com a colaboração do DEFRA e do Departamento da Energia e Alterações Climáticas e publicada em 2011 pela Instituição Britânica de Certificação (BSI, do inglês *British Standard Institution*), tendo como principal objetivo dar resposta ao desejo da comunidade e da indústria de elaborar um método consistente para avaliar as emissões de GEE de todas atividades do ciclo de vida de bens e serviços desde a extração da matéria-prima até ao fim de vida (*cradle to grave*). A PAS 2050 oferece às organizações um método que permite facilitar a compreensão das emissões de GEE decorrentes das suas cadeias de fornecimento, mas o objetivo principal é fornecer uma base comum para a quantificação das emissões de GEE, o que permite um aumento significativo dos programas de redução destas emissões (BSI, 2011).

A maior parte dos estudos sobre a pegada de carbono publicados na área da indústria da madeira têm como objetivo avaliar o desempenho ambiental de produtos e/ou serviços, baseando-se na ACV, cuja metodologia é descrita pela norma ISO 14040:2008. Uma abordagem deste tipo tem em consideração o fluxo de recursos e intervenções ambientais associadas a um produto e/ou organização a partir de uma perspetiva de cadeia de valor, incluindo todas as fases do ciclo de vida do produto, que compreendem a extração de matéria-prima, produção, transporte de materiais e produtos acabados, distribuição, embalagem, fase de utilização, processos de fim de vida e tudo que seja suscetível de provocar impactos ambientais (EC, 2013).

A Associação de Pesquisa da Indústria do Mobiliário do Reino Unido (APIMRU), fundada há 60 anos (APIMRU, 2011) tem como principal atividade o desenvolvimento de métodos de ensaio que são usados como base na indústria do mobiliário. Quando a APIMRU se apercebeu que a produção de mobiliário, distribuição e venda nas lojas são processos aos quais está associada uma grande pegada de carbono e que o preço a pagar pelas emissões de GEE seria elevado, desenvolveu um método destinado exclusivamente à determinação da pegada de carbono de produtos pertencentes ao sector do mobiliário com base numa extensa base de dados de materiais, processos utilizados no fabrico de móveis e ciclo de vida dos produtos. Assim a APIMRU publicou um estudo (APIMRU, 2011) em que foi calculada a pegada de carbono dos produtos produzidos pela indústria do mobiliário do Reino Unido. Desta forma tornou-se possível avaliar a pegada de carbono do setor e desenvolver programas de redução de emissões abrangentes (APIMRU, 2011). Como o setor do mobiliário é muito diversificado, o principal desafio deste estudo foi estabelecer uma metodologia que fosse precisa, viável e que pudesse ser aplicável a todas as empresas, uma vez que na recolha de dados para o inventário das empresas podem ser estabelecidas diferentes fronteiras, o que certamente se repercute em incoerências no resultado final (APIMRU, 2011). Neste estudo foi feita uma avaliação do ciclo de vida do produto do tipo *cradle to gate* de produtos destinados a cozinhas, camas, sofás, cadeiras e secretárias de escritório, mesas e cadeiras de jantar e cadeiras de sala de estar, não tendo sido consideradas atividades de fim de vida como por exemplo a reciclagem ou a reutilização. A principal razão para a definição destas fronteiras deve-se ao facto de que

assim só são consideradas atividades que estão sob o controlo direto do fabricante, transmitindo uma maior confiança na precisão dos dados (APIMRU, 2011). As atividades consideradas no cálculo da pegada de carbono foram os transportes das matérias-primas até ao local de fabrico, uso de energia durante o processo de fabrico, processos de fabrico, contratos com entidades externas, viagens de negócios, atividades de apoio, embalamento e acondicionamento dos produtos, armazenamento e transporte dos produtos no local. Por outro lado, as atividades de manutenção das máquinas e instalações, equipamentos de transporte e de geração de energia, mobiliário e material de escritório, construção das instalações, deslocações dos funcionários para o trabalho e emissões que contribuem menos do que 1% para o total da pegada de carbono foram desconsideradas (APIMRU, 2011).

Os GEE considerados neste estudo foram o CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC e SF₆. Os resultados obtidos em função do produto analisado encontram-se na Tabela 2 (APIMRU, 2011).

Tabela 2 – Pegada de carbono calculada por peça produzida para os produtos em estudo na publicação APIMRU (2011).

Produto	Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq)
Cozinha ^(a)	30
Cama	42
Sofá	90
Cadeira de Braço	43
Cadeira de Escritório	72
Mesa de escritório (Capacidade para 6 pessoas)	228
Mesa de escritório (1600 mm × 800 mm)	63
Mesa de jantar	25
Cadeira de jantar	27
Cadeira de sala de estar	66

^(a) Foram consideradas as peças de mobiliário que tipicamente fazem parte de uma cozinha.

Num artigo publicado por Garcia e Freire (2013) sobre a pegada de carbono dos aglomerados produzidos em Portugal, foram desenvolvidos diversos modelos de avaliação do ciclo de vida *cradle to grave* e *cradle to gate* para o aglomerado, em que a unidade funcional considerada foi 1 m³ de aglomerado produzido. Neste estudo, foram calculadas diferentes pegadas de carbono de acordo com as fronteiras selecionadas e com as atividades de fim de vida consideradas. Considerando o ciclo de vida do aglomerado com as fronteiras *cradle to gate* a pegada de carbono variou entre os -939 e os 188 kg CO₂ eq m⁻³. Definindo as fronteiras como *cradle to grave* e considerando a inceneração como tratamento final, a pegada de carbono variou entre os 107 a 201 kg CO₂ eq m⁻³. Admitindo que o destino final do aglomerado é a deposição final em aterro, a pegada de carbono variou entre os -692 e os 433 de kg CO₂ eq m⁻³ (Garcia e Freire, 2013). Os resultados negativos obtidos no estudo mencionado anteriormente devem-se ao fato de ter sido considerado o CO₂ biogénico, isto é, o CO₂ captado pelas árvores durante todo o seu

crescimento. Quando o resultado é negativo, significa que a quantidade de CO₂ eq emitido durante a produção do produto é inferior à quantidade de CO₂ captada durante o crescimento da árvore que está a ser utilizada como matéria-prima.

Num outro estudo publicado por Kim e Song (2012) sobre o PAG para os sistemas de reciclagem dos resíduos de madeira concluiu-se que o aglomerado proveniente dos resíduos de madeira reciclados produz menos 428 kg CO₂ eq do que a mesma quantidade de aglomerado que é obtido diretamente da madeira virgem e a energia produzida através da utilização da biomassa como combustível emite menos 154 kg CO₂ eq do que a mesma quantidade de energia que seria produzida a partir de combustíveis fósseis (Kim e Song, 2012).

Num estudo publicado pela empresa alemã Glunz, associada da Sonae Indústria, sobre a declaração ambiental do seu produto aglomerado de fibras de densidade média (MDF, do inglês *medium density fiberboard*) (utilizado pela IKEA Industry como matéria prima), baseado na ACV do produto do tipo *cradle to grave*, concluiu-se que por cada m³ de placa de MDF produzida, são emitidos -77 kg de CO₂ eq (Glunz, 2013).

Um outro estudo, publicado pela FINSA (empresa do sector da madeira que produz produtos em aglomerado e aglomerado revestido por papéis melamínicos, semelhantes aos que são utilizados como matéria-prima pela IKEA Industry) baseado numa perspetiva de ACV do produto do tipo *cradle to gate*, permitiu concluir que são libertados -910 kg CO₂ eq m⁻³ de aglomerado produzido e -14 kg CO₂ eq m⁻² de aglomerado revestido com papéis melamínicos produzido (FINSA, 2010).

No relatório anual de sustentabilidade de 2013 referente ao grupo IKEA (englobando todas as atividades da IKEA a nível mundial), refere-se que a partir de uma análise ACV *cradle to grave*, a pegada de carbono total associada à atividade da empresa foi de 28 milhões de toneladas de CO₂ eq, o que corresponde a 27,6 kg CO₂ eq por produto vendido. Segundo o estudo, a produção de matérias-primas, fabrico do produto e o uso dos produtos são as etapas do ciclo de vida que mais contribuem para pegada de carbono total. Neste estudo, a IKEA considerou 3 tipos de emissão: i) no tipo 1 foram consideradas as emissões de gases poluentes (CO₂, CO, CH₄, N₂O, PFC, HFC, NO_x, SF₆ e COVNM) associadas à obtenção de energia a partir de gás, biomassa e geradores a gásóleo; ii) no tipo 2 foi considerada a compra de energia e o aquecimento; e iii) no tipo 3 foram incluídas a produção de matérias-primas, emissões dos fornecedores, bens transportados, viagens de negócio, transporte dos colaboradores, transporte dos clientes, uso do produto e atividades de fim de vida (IKEA, 2013a). A *Industry Group Solid Wood & Flatline Division* (a *Industry Group Solid Wood* dedica-se à produção de peças em madeira maciça e a *Flatline Division* também produz peças em madeira mas a partir de aglomerado de madeira, MDF e de fibras de densidade elevada (HDF, do Inglês *High Density Fiberboard*)) foram responsáveis pela emissão de 35% do total das emissões de CO₂ associadas aos tipos 1 e 2, as lojas por 47%, os centros de distribuição por 5%, a *IKEA Industry Group Board Division* (divisão responsável pela produção da matéria prima utilizada na *Flatline Division*, nomeadamente aglomerado de madeira, MDF e HDF) por 13% e os escritórios por 0,5%, perfazendo um total de 7,69×10⁵ t CO₂ eq, o que corresponde a cerca de

3% das emissões globais. As emissões associadas ao tipo 3 contribuíram com $2,75 \times 10^7$ t CO₂ eq, o equivalente a 97% do total (IKEA, 2013a). No relatório anual de sustentabilidade de 2013 referente exclusivamente à IKEA Industry, no ano fiscal de 2013 foram emitidas um total de 3,65 t de CO₂ eq. A pegada de carbono da *Board Division* foi cerca de 57 kg CO₂ eq por m³ de produto final produzido (6 kg CO₂ eq m⁻³ acima do valor limite de 51 kg CO₂ eq m⁻³ estipulado pela IKEA), a *Flatline Division* emitiu cerca de 1,6 kg CO₂ eq m⁻² de peça produzida (0,1 kg CO₂ eq m⁻² acima do valor limite de 1,5 kg CO₂ eq m⁻² estipulado pela IKEA) e a *Solid Wood Division* foi responsável pela emissão de 1,9 kg CO₂ eq m⁻² de produto final produzido (0,4 kg CO₂ eq m⁻² acima do valor limite) (IKEA, 2013d).

3. Caraterização do Grupo IKEA *Industry*

A IKEA *Industry* Paços de Ferreira pertence à divisão IKEA *Industry Group Solid Wood & Flatline Division* do grupo IKEA. Só a partir de Setembro de 2013 é que se passou a chamar IKEA *Industry* de Paços de Ferreira, até então pertencia ao grupo Swedwood Portugal.

A Europa de Leste sempre foi uma fonte importante de produção para o grupo IKEA. Devido às mudanças políticas e económicas na região no final de 1980 e início de 1990, a Swedwood foi fundada em Abril de 1991 tendo como cliente único o grupo IKEA e como principal objetivo, assegurar o fornecimento contínuo de mobiliário em madeira sem que se nunca se verificasse uma rutura de *stocks*. Desde então, a Swedwood cresceu a um ritmo médio de 20 a 25% por ano, tornando-se um grupo altamente integrado, com instalações de produção com recurso a tecnologias de ponta e eficazes na produção de mobiliário em madeira (Swedwood, 2014).

Em Setembro de 2013, deu-se uma reestruturação profunda no grupo IKEA, que englobou a mudança de nome de Swedwood para *IKEA*. O grupo ficou dividido em 5 divisões: lojas, centros de distribuição, *IKEA Industry Group Solid Wood & Flatline Division*, *IKEA Industry Group Board Division*, *IKEA Components* (responsável pela produção de peças em que a matéria prima não é a madeira e que são incorporadas no produto final) e escritórios (IKEA, 2013a). Esta reestruturação veio trazer um novo modelo organizacional mais eficiente, alinhado com todo o grupo IKEA. A nova organização simplificou a estrutura jurídica da empresa e novas formas de trabalhar, criando condições para o estabelecimento de uma organização forte e competitiva para aumentar o valor do produto junto do cliente (Swedwood, 2014).

A Figura 2 apresenta a disposição das fábricas pelo mundo. Todos os anos, a IKEA *Industry* produz mais de 100 milhões de peças de mobiliário para clientes da IKEA (Swedwood, 2014). Atualmente, a IKEA é o maior produtor mundial de móveis de madeira, tendo 44 unidades de produção em 11 países (Figura 2), com cerca de 19000 colaboradores.

Em Abril de 2007 iniciou-se a construção das então instalações da Swedwood Portugal, em Penamaior, Paços de Ferreira. A sua inauguração deu-se um ano depois, em Maio de 2008, representando, até ao momento, o maior investimento feito pelo grupo, no valor de 135 milhões de euros. A instalação ocupa uma área total de 280000 m², dos quais 180000 m² correspondem a área coberta. Labora 270 dias por ano em regime de laboração contínua com quatro turnos, sendo os restantes dias do ano usados para manutenção do equipamento.

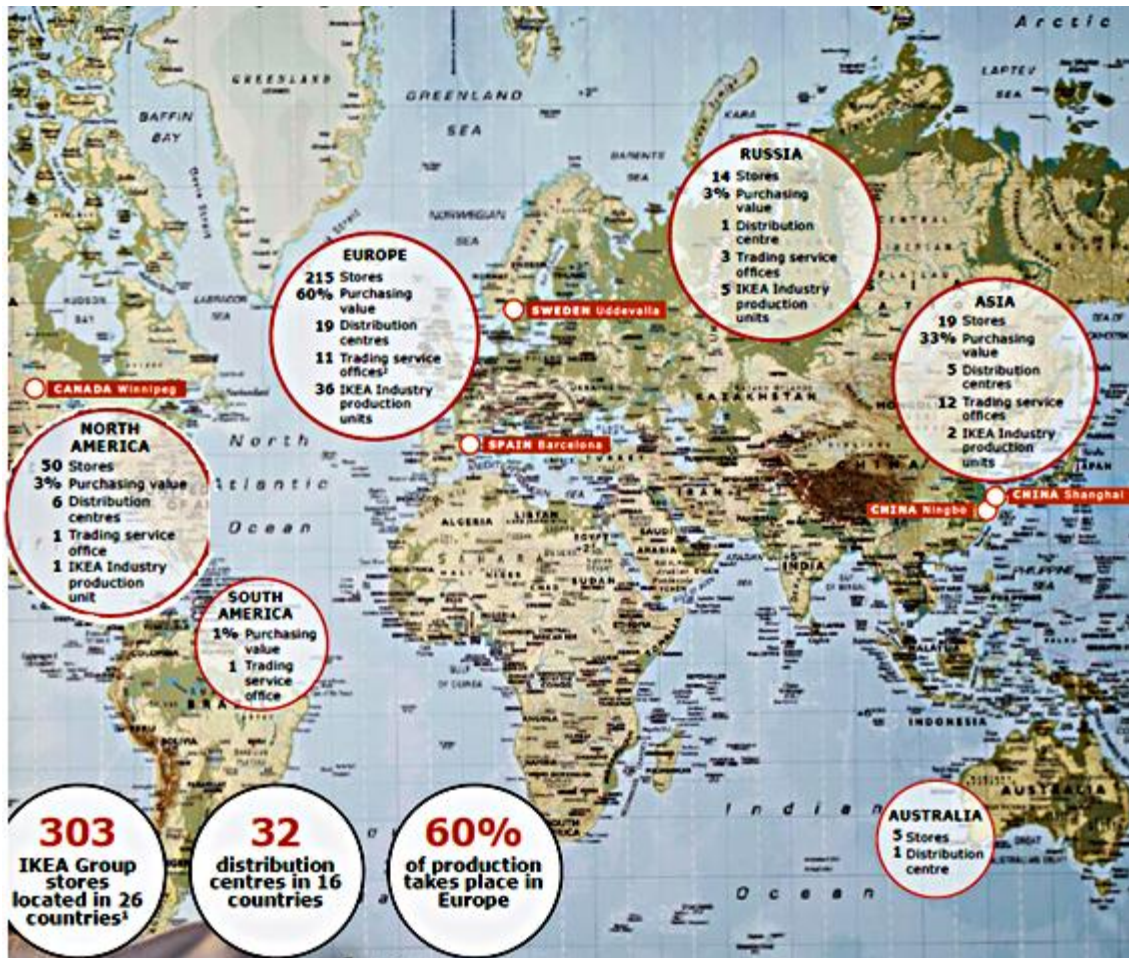


Figura 2 – Distribuição das lojas, centros de distribuição e Indústrias do grupo IKEA pelo mundo (IKEA, 2013b).

Como se pode verificar na Figura 3, a IKEA Industry Paços de Ferreira está dividida em duas fábricas, constituídas por linhas de produção automatizadas, das quais uma delas se subdivide em duas unidades, designadamente:

i) **Board On Frame (BOF)** que por sua vez também se subdivide em duas unidades:

- *Lacquer and Print* – Entrou em atividade em 2008, tendo sido a primeira unidade da fábrica a entrar em operação. Dedicar-se à produção de mobiliário utilizando dois métodos diferentes. Um método consiste na utilização de painéis, compostos por molduras de aglomerado de partículas (PB (*particle board*)), com enchimento de cartão disposto em forma de favos de mel (*honeycomb*) e revestidos por painéis de aglomerados de fibras duro em HDF, com acabamento pintado, comumente designado por “construção em sanduíche”. No outro método, não é utilizado o preenchimento do interior com cartão, são utilizados painéis de aglomerado revestidos com papel melamínico, sendo única e exclusivamente utilizados para produzir prateleiras.

- *Foil* - Unidade de produção de mobiliário baseado na tecnologia aplicada na *Lacquer & Print*, mas com acabamento final folheado (*Foil*) em vez de pintado. Entrou em atividade no ano de 2011 (IKEA, 2013c).

ii) **Pigment Furniture Factory (PFF)** foi a segunda unidade a entrar em atividade, em 2009. Dedicar-se à produção de mobiliário a partir de painéis de MDF, não havendo “construção em sanduíche” (IKEA, 2013c).

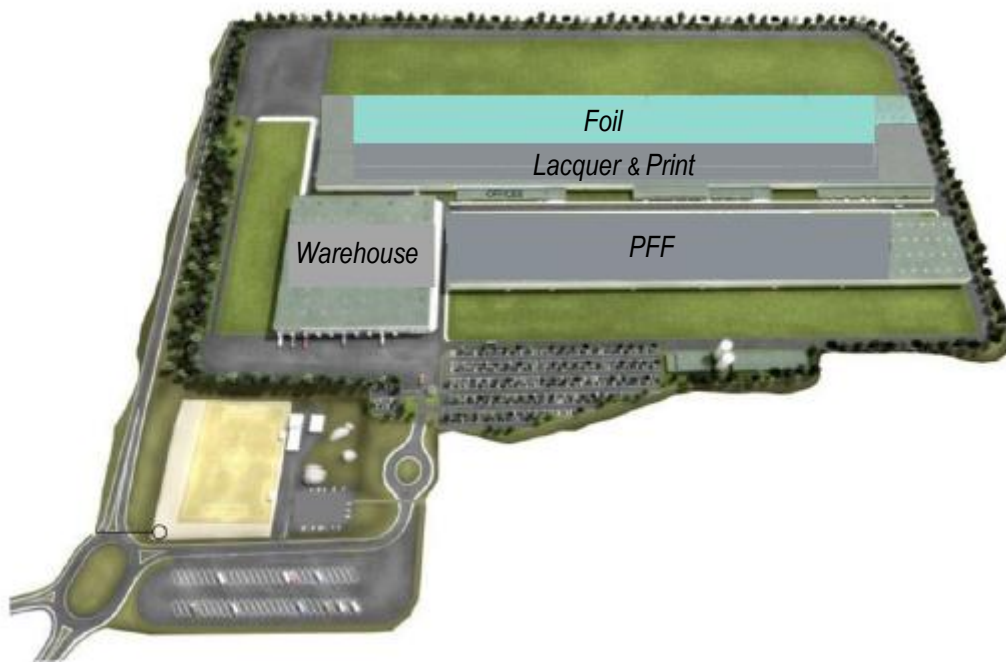


Figura 3 – Esquema de Distribuição da IKEA Industry Paços de Ferreira (Adaptado de Carneiro, 2011).

Na *Lacquer and Print* e na *Foil* são essencialmente produzidas estantes, mesas, entre outros, incluindo os mais conhecidos da marca IKEA como as linhas Vika, Lack e Expedit produzidas pela *Lacquer and Print* e a Bestå, produzida na *Foil*. Na PFF são produzidos produtos de qualidade superior, a grande maioria são frentes de cozinha e mobiliário de quarto, no qual se inclui as gamas Birkeland e Hemnes. Na Figura 4 são exibidos alguns exemplos dos produtos produzidos nas três unidades (Carneiro, 2011).



Figura 4 – Exemplos de mobiliário produzido nas três unidades (Carneiro, 2011).

3.1 Descrição dos Processos Produtivos

Como já foi mencionado anteriormente, as três unidades de produção da fábrica não produzem o mesmo tipo de produto, como tal, os processos produtivos também diferem entre si. Na Figura 5 encontram-se descritas num fluxograma as etapas do processo produtivos da *Lacquer & Print*, *Foil* e *PFF*.

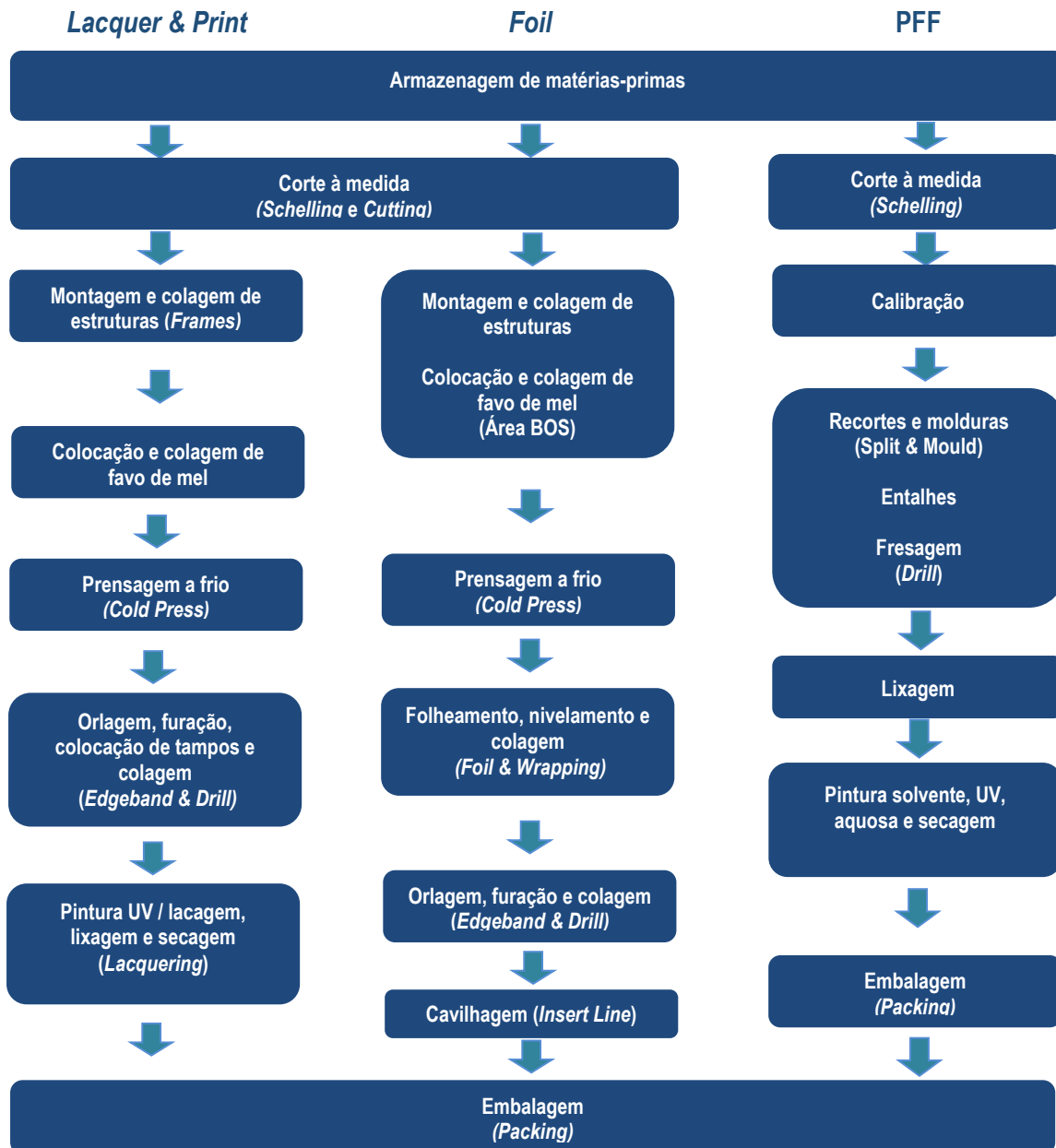


Figura 5 – Fluxograma dos processos produtivos da Foil, Lacquer & Print e PFF (IKEA, 2013c).

Como se pode verificar no fluxograma da Figura 5, o armazém de matérias-primas é comum à *Lacquer & Print* e *Foil*. As principais matérias-primas armazenadas são aglomerado de partículas de madeira (*chipboard*), HDF, MDF e aglomerado revestido com papéis melamínicos (no Anexo A encontra-se a descrição de cada um dos materiais), fornecidos maioritariamente pela SONAE.

A matéria-prima chega ao armazém em placas de grandes dimensões, como tal a primeira etapa do processo das três unidades corresponde ao corte das placas em placas de dimensões mais reduzidas

consoante as especificações requeridas pelas fichas técnicas dos produtos que estão a ser produzidos. A máquina que procede ao corte chama-se *Schelling*, daí esta etapa ser chamada de *Schelling*. A partir desta fase, os processos de produção passam a ser diferentes entre cada unidade. A Figura 6 representa o armazém de armazenamento da matéria-prima (lado esquerdo) e a *Schelling* (lado direito).



Figura 6 – Armazém de recepção da matéria-prima (à esquerda) e máquina de corte Schelling (à direita)

3.1.1 *Lacquer & Print*

Após saírem da *Schelling*, só as placas de aglomerado passam por um processo de calibração para detetar e corrigir eventuais defeitos do material, as placas de MDF seguem diretamente para a fase do *Cutting* onde vão ser cortadas em ripas e cubos. A etapa que se segue (*Frames*) consiste na montagem da estrutura (moldura) a partir da colagem das ripas e dos cubos. A Figura 7 representa a máquina que faz o corte das placas em cubos (canto superior esquerdo), a moldura a ser montada (lado direito) e a estrutura montada (canto inferior esquerdo).



Figura 7 – Corte das placas em cubos (canto superior esquerdo), montagem da moldura (lado direito) e estrutura montada (canto inferior esquerdo).

Na etapa do *Cold Press*, a moldura é preenchida com cartão no meio, seguindo-se a fase onde os tampos da peça em HDF são unidos à moldura por meio de uma prensa que os cola com uma cola de base aquosa através de um processo sujeito a pressões elevadas. Na Figura 8, apresenta-se o processo do preenchimento da moldura com cartão (canto superior esquerdo), os tampos das peças feitos em HDF (campo inferior esquerdo) e a prensa utilizada no procedimento (lado direito).



Figura 8 – Moldura preenchida com cartão (canto superior esquerdo), tampos em HDF (canto inferior esquerdo) e prensa (lado direito).

Segue-se a etapa *Edgeband & Drill* onde são feitas as furações nas peças que posteriormente vão servir de encaixe e a orlagem. Na fase do *Lacquering*, as peças vão ser pintadas em duas linhas automáticas com recurso a uma tecnologia de secagem ultravioleta (UV). No caso das peças feitas em aglomerado revestido com papel melamínico, uma vez que os tampos das peças não necessitam de ser pintados, são encaminhados diretamente para a fase do embalamento (*Packing*). A secagem é feita em tapetes rolantes de grande comprimento durante o transporte dos produtos da fase do *Lacquering* para a etapa do *Packing*. Na Figura 9, apresentam-se as máquinas utilizadas na pintura UV (lado esquerdo) e é exposto o processo da orlagem (lado direito).



Figura 9 – Pintura com tecnologia UV (lado esquerdo) e colocação das orlas (lado direito).

Por último segue-se a última etapa do processo de fabrico (*Packing*), onde o produto é embalado e acondicionado, ficando pronto para ser expedido para as lojas do grupo. Na Figura 10 apresenta-se o processo de embalamento.



Figura 10 – Montagem das embalagens de cartão (lado esquerdo) e embalamento com filme em paletes (lado direito).

3.1.2 Foil

As técnicas utilizadas na *Foil* apresentam algumas diferenças em relação à *Lacquer & Print*. As etapas da *Schelling* e *Cuting* são idênticas às da *Lacquer & Print*, no entanto, à semelhança dos painéis anteriores, na fase seguinte, na área BOS são igualmente montadas as molduras em aglomerado e é feito o preenchimento com cartão só que neste caso é aplicada pelo menos uma viga estrutural de aglomerado. Segue-se a fase do *Cold Press* em que a moldura vai ser preenchida com cartão e são colados os tampos em HDF com recurso a uma cola de base aquosa. Seguidamente, no *Foil & Wrapping* as arestas são niveladas e preparadas para que na fase seguinte possa ser aplicada a orla e o folheado sobre o

HDF, ficando as superfícies concluídas. Na fase *Edgeband & Drill*, além de ser aplicada a orla são feitas as furações para que na etapa seguinte (*Insert line*) possam ser inseridas as cavilhas nos topos e bases do móvel, para posterior colocação dos parafusos na fase de montagem. Por último, segue-se a fase de embalagem (*Packing*) (Martins, 2012).

3.1.3 *Pigment Furniture Factory*

Nesta unidade, os processos produtivos não são tão fáceis de descrever como os da BOF. Enquanto na BOF existe uma sequência de processos, em que processo produtivo se inicia num lado da fábrica e termina na outra extremidade, na PFF essa situação já não se verifica. Consoante a peça que está a ser produzida ao longo das fases do processo a peça percorre diferentes percursos no interior da unidade. Como são produzidas uma grande variedade de peças não é fácil definir um esquema geral do processo, sendo o esquema apresentado na Figura 5 apenas uma aproximação ao conjunto de etapas pelas quais cada uma das peças passa. A primeira etapa da produção é semelhante à da BOF, no entanto existe uma pequena diferença, enquanto na BOF só o aglomerado é calibrado, na PFF o MDF também tem que ser calibrado porque pode existir uma margem de tolerância relativamente às dimensões das peças pretendidas e é necessário eliminá-la. Segue-se a fase de *Split & Moulder* e a dos entalhes, na qual se realizam os recortes necessários. Em função do produto a ser produzido, a etapa seguinte pode ser a furação (*Drill*) ou pode passar-se diretamente à fase da pintura (de base UV, solvente ou aquosa). Na fase da pintura também é feita a secagem, após a qual os produtos são embalados (*Packing*), ficando prontos para expedição (Martins, 2012).

3.2 **Legislação Ambiental Aplicável à IKEA Industry Paços de Ferreira**

A legislação ambiental Portuguesa referente ao setor industrial tem como objetivo obrigar as indústrias a reduzir os níveis de emissão de poluentes para valores aceitáveis e que não provoquem impactos negativos no meio ambiente. A Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP) impôs uma nova vertente às tradicionais estratégias sectoriais de combate à poluição, nomeadamente aos GEE, vindo-se a constatar que uma abordagem integrada no controlo da poluição promove uma proteção mais eficiente e global do ambiente. Nos termos da legislação relativa à PCIP, é concedida a Licença Ambiental (LA) ao operador (APA, 2014b).

A publicação da Diretiva nº 96/61/CE, do Conselho, de 24 de Setembro pela União Europeia, relativa à PCIP (com as alterações que lhe foram introduzidas pela Diretiva n.º 2003/35/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de Maio, codificada pela Diretiva n.º 2008/1/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Janeiro), marcou o início da concretização da nova política. Estão abrangidas pelo cumprimento da Diretiva as atividades económicas que emitem uma quantidade de poluentes significativa, sendo definidas de acordo com a natureza e/ou a capacidade de produção das instalações. O funcionamento das instalações onde se desenvolvem atividades de PCIP está condicionado à

obtenção de uma LA, sendo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) a autoridade competente responsável pela sua emissão (APA, 2014b).

A Diretiva 2010/75/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Novembro, relativa às Emissões Industriais (DEI), revogou, a partir de 7 de Janeiro de 2014, a Diretiva 2008/1/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Janeiro de 2008, relativa à PCIP, com a alteração dada pela Diretiva 2009/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho (Diretiva PCIP) (APA, 2014b).

O Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto, transpõe para o direito nacional a DEI, revogando assim o anterior diploma PCIP (Decreto-Lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto) e estabelece o novo Regime de Emissões Industriais (REI), aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição, bem como as regras destinadas a evitar e/ou reduzir as emissões para o ar, a água e o solo e a produção de resíduos, a fim de alcançar um elevado nível de proteção do ambiente no seu todo (Pereira, 2013).

O REI procede à transposição da Diretiva nº 2010/75/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Novembro de 2010, relativa às emissões industriais, agregando cinco regimes legais (Decreto-Lei nº 173/2008, Decreto-Lei nº 178/2003, Decreto-lei nº 85/2005, Decreto-lei nº 242/2001 e Portaria nº 1147/94) que são consequentemente revogados (Pereira, 2013).

A emissão de licença ambiental visa garantir a prevenção e o controlo integrados da poluição e continua a ser condição obrigatória prévia à exploração de uma instalação que desenvolva uma atividade listada no anexo I do REI e parte integrante do título de exploração emitido pela entidade coordenadora (IKEA, 2007).

Uma vez que a atividade da IKEA *Industry* Paços de Ferreira de produção de mobiliário e de madeira se inclui na categoria 6.7 do Anexo I do Decreto-Lei nº 194/2000, de 21 de Agosto e classificada com a CAE nº 36141 (Produção de mobiliário de madeira), necessita de uma LA para o exercício da atividade (IKEA, 2007). A LA da IKEA *Industry* Paços de Ferreira, Ida (anteriormente Swedwood Portugal), é a nº08/2007, foi emitida no dia 4 de Abril de 2007 e é válida por um período de 10 anos, cessando a 4 de Abril de 2017 (IKEA, 2007).

Em 2007, esta LA foi emitida ao abrigo do Decreto-Lei nº 194/2000, de 21 de Agosto, relativo ao Diploma PCIP, para a atividade de produção de mobiliário de madeira com capacidade licenciada de 220000 t ano⁻¹ (IKEA, 2007).

A atividade PCIP realizada na instalação é o tratamento da superfície de madeira com utilização de solventes orgânicos, incluída na categoria 6.7 do Anexo I do Diploma PCIP, com uma capacidade instalada de consumo de solventes orgânicos de 1116 t ano⁻¹. Para a emissão desta licença foram tomadas em consideração as condições impostas na Declaração de Impacte Ambiental (IKEA, 2007).

Os relatórios periódicos a elaborar pela IKEA *Industry* Paços de Ferreira, designados por Plano de Desempenho Ambiental (PDA), Registo Europeu de Emissões e Transferências de Poluentes (E-PRTR), Relatório Ambiental Anual (RAA) e Plano de Gestão de Solventes (PGS), constituem mecanismos de acompanhamento da presente LA que permitem nomeadamente monitorizar e limitar a emissão de GEE (IKEA, 2007).

A IKEA *Industry* Paços de Ferreira deve estabelecer um PDA que integre todas as exigências da licença e as ações ambientais a introduzir de acordo com estratégias nacionais de política do ambiente e melhores técnicas disponíveis aprovadas, ou a aprovar, referentes ao sector de atividade PCIP da instalação, com o objetivo de minimizar ou, quando possível, eliminar os efeitos adversos no ambiente, nomeadamente a emissão de GEE para a atmosfera (IKEA, 2007).

De acordo com o E-PRTR, tem que ser elaborado um relatório de emissões anual, segundo modelo e procedimentos definidos pelo relatório de impacto ambiental. Este relatório deverá incluir a quantidade de resíduos perigosos e não perigosos transferidos para fora da instalação e ainda, para cada poluente (IKEA, 2007).

Segundo o RAA, a IKEA *Industry* Paços de Ferreira deve enviar ao IA, dois exemplares do relatório, que reúnam os elementos demonstrativos do cumprimento desta licença, incluindo os sucessos alcançados e dificuldades encontradas para atingir as metas acordadas, onde se inclui a redução da emissão de GEE (IKEA, 2007).

De acordo com as orientações constantes no Anexo III do Decreto-Lei nº 242/2001, de 31 de Agosto, a IKEA *Industry* Paços de Ferreira é obrigada a elaborar um plano de gestão de todos os solventes utilizados na sua atividade. O PGS tem como objetivo monitorizar e limitar a utilização de solventes o que é muito importante para a redução da pegada de carbono da empresa, pois são utilizados em grandes quantidades durante o processo produtivo e contêm grandes percentagens de COV que são libertados durante o seu uso. Devido às suas características, a instalação industrial está abrangida pela seguinte legislação específica: i) pela categoria A (revestimentos adesivos), B (atividades de revestimento), superfícies de madeira do anexo do Decreto-Lei nº 242/2011 de 31 de Agosto, relativo à limitação das emissões de COV, visto o consumo de solventes orgânicos utilizados naquelas atividades se encontrar acima do limiar previsto; ii) Decreto-Lei nº 164/2001, de 23 de Maio, que aprova o regime jurídico de prevenção e controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvam substâncias perigosas; e iii) Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (Decreto-Lei nº 58/82, de 26 de Fevereiro, regulamentado pela Portaria nº 359/82, de 7 de Abril), relativo aos consumidores intensivos de energia (IKEA, 2007).

3.3 Política Ambiental da IKEA

Mundialmente o grupo IKEA é conhecido pelas suas constantes preocupações em proteger o ambiente. A legislação Portuguesa sobre o ambiente por si só já é muito exigente, no entanto, o grupo IKEA impõe metas ainda mais ambiciosas, que vão além do simples cumprimento legal.

O negócio do grupo IKEA tem um impacto considerável sobre as questões sociais e ambientais, tanto a nível local como global, como tal as suas ações nesta área têm um peso muito grande e podem significar um contributo muito grande em prol da melhoria do estado do ambiente (IKEA, 2008).

A IWAY é uma norma de conduta criada pela IKEA onde são estipulados os requisitos mínimos sociais, ambientais e condições de trabalho que são exigidos aos seus fornecedores e que entre outros objetivos,

contribuem para a redução da pegada de carbono da empresa. Para se tornar fornecedor da IKEA, é obrigatório estar em conformidade com todos os requisitos, sejam eles leis relevantes ou requisitos específicos da norma. A título de exemplo, a norma IWAY exige que todos os veículos dos seus fornecedores não possuam mais do que dez anos. A IWAY baseia-se nas oito convenções da Organização Internacional do Trabalho (OIT) de Junho de 1998 sobre os princípios fundamentais dos direitos ao trabalho, Declaração do Rio de 1992 sobre Desenvolvimento Sustentável, Cimeira de Joanesburgo sobre Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas e os dez princípios do pacto global das Nações Unidas de 2000 (IKEA, 2008).

A ambição do grupo é tornar-se líder na produção sustentável de mobiliário, através da produção de mobiliário feito a partir de madeira reciclada ou proveniente de florestas que tenham o certificado de gestão sustentável. A estratégia de negócio passa por combinar no produto final boa forma, função e qualidade e sustentabilidade, a preços tão baixos que muitas pessoas terão possibilidade de os comprar. Os produtos devem ser produzidos usando a menor quantidade de recursos possível, 100% da energia utilizada deve ser de origem renovável, a quantidade de resíduos destinada a aterro deve ser de 0%, durante os processos de produção do produto não devem ser produzidos efluentes líquidos e os transportes devem ser otimizados ao máximo. A todos estes aspetos é dada muita importância durante o fabrico dos produtos, o que contribui significativamente para a redução da pegada de carbono (IKEA, 2014).

Para atingir metas tão ambiciosas, no final do ano de 2012 a IKEA desenvolveu uma estratégia de sustentabilidade chamada *People & Planet Positive 2020*. Nesta estratégia estão definidos um conjunto de objetivos a cumprir até 2020 que se encontram no Anexo B. Os objetivos encontram-se agrupados em três categorias: melhoria das condições de vida para as pessoas e comunidades, recursos e independência energética e uma vida mais sustentável em casa. Na Tabela 3 encontra-se um resumo dos principais objetivos definidos na estratégia de sustentabilidade que contribuem especificamente para a redução da pegada de carbono (IKEA, 2014).

Tabela 3 – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020^(a) (IKEA, 2014).

Categoria	Sub-Categoria	Objetivos
Melhoria das condições de vida para as pessoas e comunidades	Colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> • A sustentabilidade tem que fazer naturalmente parte do dia-a-dia de trabalho.
	Fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os fornecedores deverão cumprir a norma IWAY.

^(a) Na IKEA o ano fiscal tem início no primeiro dia de Setembro e termina no último dia de Agosto do ano seguinte.

Tabela 3 (cont) – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020^(a) (IKEA, 2014).

Categoria	Sub-Categoria	Objetivos
Recursos e Independência Energética	Madeira e Floresta	<ul style="list-style-type: none"> • 100% das cinzas limpas serão recicladas na floresta. • 100% da madeira será proveniente de florestas com certificação de gestão sustentável. • A produção de aglomerado irá conter pelo menos 30% de madeira reciclada. • Outras fibras renováveis ou recicladas já terão sido testadas. • Produzir um produto 100% reciclado, fácil de desmontar e de reciclar será possível.
	Fazer mais com menos	<ul style="list-style-type: none"> • Ter contribuído para o desenvolvimento de padrões de materiais, o que melhorará o rendimento da matéria-prima em 10%.
	Químicos	<ul style="list-style-type: none"> • 50% dos aglutinantes usados nos revestimentos das superfícies serão feitos a partir de materiais renováveis. • O uso direto de químicos será 20% mais baixo relativamente ao ano fiscal (AF)14.
	Água	<ul style="list-style-type: none"> • O plano e as técnicas usadas para os <i>sites</i> se tornarem “<i>water neutral</i>” e “<i>water positive</i>” terão que ser comunicadas a todo o grupo IKEA. • 20 <i>sites</i> terão rede de recolha de água da chuva para a reutilizar e serão considerados <i>water positive</i>.
	Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os <i>sites</i> terão uma percentagem de reciclagem de pelo menos 90 % e 0% dos resíduos terão com destino final o aterro. • O volume de resíduos terá sido reduzido em 20% em relação ao AF14. • Novas soluções para a economia circular de pelo menos cinco materiais terão sido encontradas.

^(a) Na IKEA o ano fiscal tem início no primeiro dia de Setembro e termina no último dia de Agosto do ano seguinte.

Tabela 3 (cont) – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020^(a) (IKEA, 2014).

Categoria	Sub-Categoria	Objetivos
Recursos e Independência Energética	Independência Energética e Eficiência – Tornar-se CO ₂ neutro	<ul style="list-style-type: none"> • Ter um sistema de gestão de energia implementado em todos os <i>sites</i>. • Comprar, produzir e fornecer energia renovável em igual quantidade à que é consumida. • A eficiência energética dos <i>sites</i> que produzem mobiliário será 30% maior em comparação com o AF10. • Redução de 20% das emissões de carbono em relação ao AF10. • Os <i>sites</i> que produzem mobiliário terão que reduzir 40% o consumo energético em relação ao AF10. • Tornar-se “carbono neutro” nas suas operações, incluindo o combustível para os veículos.
	Logística Inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Cada <i>site</i> deverá ter um programa de ação implementado para a redução das emissões de CO₂.
Uma vida mais sustentável em casa	Educação Sobre Sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de educação ambiental deverão estar planeados para toda a organização.

^(a) Na IKEA o ano fiscal tem início no primeiro dia de Setembro e termina no último dia de Agosto do ano seguinte.

4. Metodologia

O cálculo da pegada de carbono foi realizado tendo como referência as linhas orientadoras das metodologias DEFRA, GHG *Protocol*, PAS 2050, legislação portuguesa aplicável aos fatores de emissão dos GEE e informações disponibilizadas pelas próprias marcas produtos. Para algumas atividades, umas metodologias apresentavam fatores de emissão mais específicos do que outras que apresentavam fatores de emissão mais genéricos, portanto o critério de seleção dos fatores de emissão foi a escolha dos que mais se aproximavam do inventário das atividades consideradas neste estudo, sendo desta forma diminuídos os erros associados ao cálculo. Os poluentes considerados no estudo foram, além dos seis gases abrangidos pelo protocolo de Quioto (CO₂, N₂O, CH₄, HFC, PFC e SF₆), os gases que de acordo com a LA da IKEA *Industry* Paços de Ferreira, é obrigatório monitorizar, sendo eles o CO, COVNM, NO_x e o N₂O. Os PAG considerados no cálculo da pegada de carbono foram os que constam na Tabela 1.

As etapas que englobaram o processo de cálculo da pegada de carbono são descritas nos subcapítulos seguintes.

4.1 Definição do Âmbito

Foram definidas as fronteiras do estudo a partir da identificação das atividades da empresa que têm uma contribuição mais significativa na emissão de GEE e a unidade funcional. As fronteiras foram estipuladas segundo as linhas orientadoras do GHG *Protocol*. No processo de definição das fronteiras foram consideradas duas abordagens distintas, abordagem de controlo total e uma abordagem ao ciclo de vida do produto mais abrangente. Na Figura 11, encontram-se esquematizadas as fronteiras definidas neste estudo. As atividades que estão preenchidas a amarelo representam emissões diretas de GEE, enquanto as atividades preenchidas a azul representam emissões indiretas.

No primeiro caso, os limites foram estabelecidos segundo uma abordagem de controlo total - financeiro e operacional (fronteiras A). O controlo financeiro é entendido como a capacidade da empresa para dirigir as políticas financeiras de uma operação com vista a obter benefícios económicos da mesma. O controlo operacional sobre uma atividade significa que a empresa tem a plena autoridade para introduzir e implementar as suas políticas operacionais na atividade. Na abordagem de controlo operacional e financeiro, a IKEA *Industry* Paços de Ferreira responde por 100% das emissões de GEE das operações que controla. Desta forma não foram consideradas as atividades em que a empresa possa ter uma participação de capital mas que não controle completamente, como por exemplo o transporte de matéria-prima para a fábrica. O critério de seleção foi considerar apenas as atividades realizadas na esfera de influência da empresa, ou seja, atividades em que caso seja necessário intervir com o intuito de reduzir a emissão de GEE, a empresa tenha autonomia para o fazer.



Figura 11 – Definição das fronteiras do estudo (A e B) e identificação das atividades que representam emissões diretas a amarelo e as atividades que representam emissões indiretas a azul.

Dada a estruturação do grupo IKEA, a IKEA *Industry* só tem o controlo das operações até à última etapa da produção. A partir do momento em que o produto sai dos portões da fábrica, a responsabilidade passa a ser da IKEA *Distribution*. É por este motivo que a fronteira a jusante do processo foi definida como sendo à saída da fábrica. A montante do processo, a fronteira foi definida como sendo o portão da fábrica porque o transporte da matéria-prima desde a sua origem até às instalações da IKEA *Industry* não é assegurado por veículos da empresa. As fases de extração/produção e transporte da matéria-prima não foram consideradas porque apesar de contribuírem para a pegada de carbono do produto final produzido na fábrica, a IKEA *Industry* não tem controlo sobre estas operações.

Numa outra abordagem mais alargada ao ciclo de vida do produto (fronteiras B), foram consideradas as atividades que apesar de não serem totalmente controladas pela empresa, caso assim o entenda, a empresa pode exigir às instituições que detêm o controlo destas operações que implementem medidas no sentido de reduzir a pegada de carbono associada a essas mesmas atividades. Um exemplo da implementação de medidas neste sentido é a exigência feita pela IKEA aos seus fornecedores de os veículos da empresa fornecedora não terem mais do que dez anos.

Nesta abordagem, a fronteira definida a jusante mantém-se igual à da abordagem anterior; no entanto, a fronteira definida a montante engloba agora o transporte da matéria-prima para a fábrica.

Embora numa abordagem ao ciclo de vida do produto deste tipo a empresa não tenha controlo sobre todas as operações que se inserem dentro destas fronteiras, um estudo deste tipo é muito importante porque permite apurar com maior detalhe e exatidão qual é a pegada de carbono associada ao produto.

Como os dados existentes sobre as produções da fábrica estão expressos em m², a unidade funcional é 1 m² de produto produzido. O resultado final será expresso em kg CO₂eq m⁻² de produto produzido.

4.2 Identificação das Atividades

Nesta fase foram definidas atividades que se inserem nas fronteiras consideradas na fase anterior e que é pertinente incluir no cálculo da pegada de carbono. Isto envolve a identificação das emissões associadas às suas operações, classificando-as como emissões diretas e indiretas. As emissões diretas correspondem às emissões de GEE a partir de fontes que são controladas ou que pertencem à empresa. As emissões associadas ao consumo de energia elétrica são uma categoria especial de emissões indiretas e podem representar uma oportunidade para a empresa avaliar os riscos e oportunidades associadas à alteração de custos da eletricidade e das emissões de GEE, foi por esse motivo que foram consideradas à parte das restantes emissões indiretas. Neste tipo de emissões, a empresa comunica as emissões da geração de eletricidade adquirida, que é consumida nas suas operações ou no equipamento próprio ou por si controlado. As restantes emissões indiretas são consequência das atividades que podem ou não ser controladas pela empresa. Para uma gestão mais inovadora e eco eficiente, o estabelecimento de limites operacionais mais abrangentes englobando as restantes emissões indiretas e o maior número de atividades possível, ajuda a IKEA *Industry* Paços de Ferreira a gerir melhor todo espetro de riscos e oportunidades de redução GEE ao longo das etapas que controla.

Na abordagem de controlo financeiro e operacional as atividades consideradas foram as seguintes (Figura 11):

Diretas i) emissões de GEE para a atmosfera através das fontes fixas (FF) da fábrica; ii) consumo de combustíveis fósseis durante o processo produtivo; iii) emissões resultantes da combustão de combustível nas fontes móveis pertencentes à empresa (empilhadores e carros de serviço); e iv) emissões fugitivas.

Indiretas

Geração da eletricidade que é consumida pela empresa.

Restantes emissões indiretas: i) consumo de água; ii) tratamento dos resíduos produzidos; e iii) emissões resultantes da combustão de combustível nas fontes móveis não pertencentes à empresa durante as viagens de negócio. As atividades ii) e iii) foram englobadas na abordagem de controlo financeiro e operacional porque relativamente ao tratamento dos resíduos produzidos, as emissões de GEE associadas a esta atividade, variam consoante o destino que é dado aos resíduos (reciclagem, deposição em aterro ou incineração), que por sua vez, também está dependente da existência de processos de pré-tratamento na empresa, como é o exemplo da triagem. Em relação à segunda atividade, a empresa tem total autonomia para decidir qual é o meio de transporte que deve ser utilizado durante as viagens de negócio, como tal também deve ser inserida nesta abordagem.

Na abordagem mais alargada ciclo de vida do produto, além das atividades referidas anteriormente, foram consideradas as seguintes:

Restantes emissões indiretas: iv) o transporte de matéria-prima para a fábrica; v) serviços de assistência periódica (serviço externo); vi) transporte dos resíduos para a entidade gestora de resíduos; vii) deslocação dos colaboradores para o trabalho; e viii) tratamento de água.

4.3 Avaliação da Pegada de Carbono

Depois de identificadas as atividades a serem consideradas no cálculo da pegada de carbono, procedeu-se à recolha de dados referentes às emissões de GEE relativas a cada uma das atividades durante os doze meses do ano de 2013. Esta etapa é extremamente importante, porque caso os dados recolhidos não sejam precisos, o resultado final não traduz a realidade, perdendo toda a credibilidade.

Posteriormente, os dados recolhidos foram tratados e convertidos em kg de CO_{2 eq} através do uso de fatores de emissão específicos de cada atividade, consultados na legislação portuguesa vigente (despacho nº 17313/200) e nas metodologias referidas no início deste capítulo. A Equação 1 representa a fórmula genérica utilizada no cálculo da pegada de carbono da empresa.

$$\text{Pegada de carbono (kg CO}_{2\text{ eq}}) = \sum_{x,y} (\text{emissões GEE}_{x,y} \times \text{PAG}_y) \quad (1)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$), emissões $\text{GEE}_{x,y}$ representa as emissões do gás com efeito de estufa y da atividade x (kg) e PAG_y é o potencial de aquecimento global do gás com efeito de estufa y .

Todas as equações utilizadas no cálculo da pegada de carbono seguem a lógica da Equação 1, no entanto apresentam ligeiras variações em função das unidades em que se apresentam os dados relativos a cada uma das atividades, utilizados na determinação da pegada de carbono. No capítulo 4 são apresentadas as equações específicas que foram utilizadas em cada uma das atividades.

5. Cálculo da Pegada de Carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira

Os resultados do cálculo da pegada de carbono foram agrupados de acordo com o tipo de emissão (tipos 1, 2 e 3) associado a cada uma das atividades consideradas, respetivamente para a abordagem de controlo total e abordagem mais abrangente ao ciclo de vida do produto.

5.1 Cálculo da Pegada de Carbono na Ótica de Controlo Total (Financeiro e Operacional)

5.1.1 Emissões Diretas

Emissão de Gases Poluentes a Partir das Fontes Fixas

Durante o ano de 2013, devido ao aumento da produção a IKEA *Industry* Paços de Ferreira, viu-se obrigada a aumentar o número de máquinas, o que por forma a captar as emissões difusas dos equipamentos existentes e dos novos equipamentos implicou o aumento do número de fontes fixas (FF) de 4 para 33. Todas as novas FF foram monitorizadas.

No conjunto das três fábricas, existe um total de 33 FF que emitem gases poluentes para a atmosfera, uma das quais pertencente à caldeira (fonte fixa 1 – FF1) que é utilizada para aquecer a água que abastece toda a empresa. Na Figura 12 é possível observar as suas localizações. Na *Foil* e na *Lacquer & Print* estão instaladas 6 FF, 3 em cada (9% do número total) e na PFF estão localizadas as restantes 26 FF (82% do número total).

Devido à natureza dos processos produtivos e ao tipo de indústria em questão, na maioria das etapas do processo de fabrico não se verificam emissões de grandes quantidades de gases poluentes para a atmosfera porque não implicam a combustão nem a utilização de uma grande quantidade de produtos químicos perigosos.

A grande exceção são as etapas da pintura das peças na *Lacquer & Print* e na PFF que utilizam uma grande quantidade de produtos químicos. Consoante as peças que estão a ser produzidas nas duas unidades, são utilizados três tipos de tinta diferentes: i) tintas UV, como o nome indica o processo de secagem é feito com tecnologia UV, sendo utilizadas tanto na *Lacquer & Print* como na PFF; ii) tintas à base de água que são as menos poluentes; e iii) tintas à base de solvente, sendo as mais poluentes e utilizadas exclusivamente na PFF.

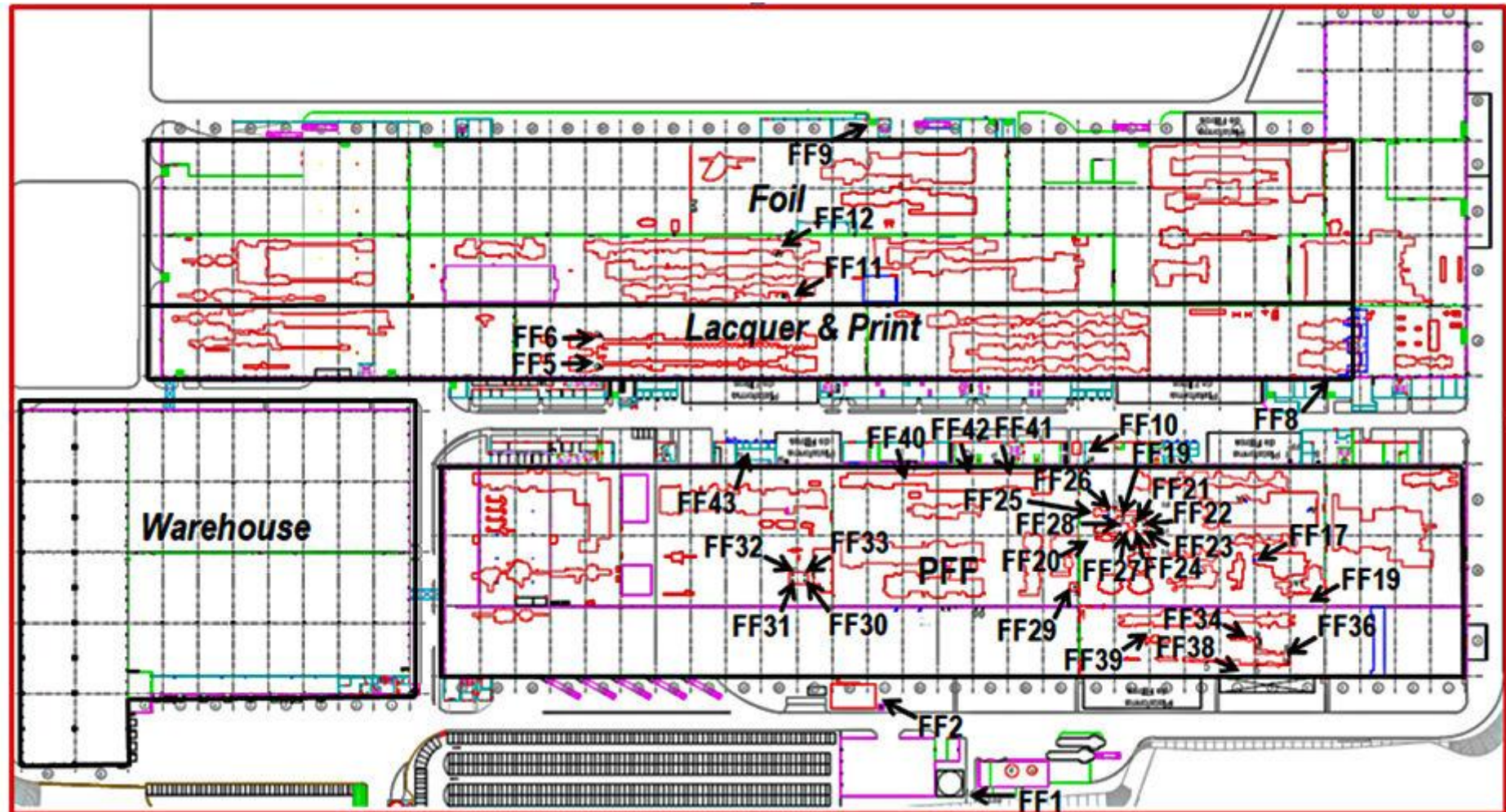


Figura 12 – Disposição das fontes fixas pela fábrica (Adaptado de IKEA, 2014)

De acordo com a LA da IKEA Industry Paços de Ferreira, os gases poluentes resultantes da sua atividade que têm que ser obrigatoriamente monitorizados à saída das FF são o CO₂, CO, NO_x, SO₂ e os COVNM. Legalmente, as FF que trabalhem mais do que 500 horas por ano têm que ser monitorizadas 2 vezes por ano, o que acontece em quase todas as FF exceto na FF8, FF9, FF10 que pertencem às salas de manutenção e FF29 que pertence a uma linha de produção que não opera frequentemente. No Anexo C (Tabela C1) apresenta-se um exemplo das monitorizações feitas dos GEE emitidos por cada uma das FF durante o ano de 2013.

Como já foi referido anteriormente, na *Foil* não são utilizadas tintas na produção das peças, portanto as 3 FF existentes nesta unidade (FF9, FF11 e FF12) não emitem uma grande quantidade de GEE. Duas das três FF existentes na *Lacquer & Print* (FF5 e FF6) estão ligadas à extração das máquinas de pintura que utilizam tinta UV, o que explica a discrepância entre as concentrações dos gases registadas à saída das FF.

Devido ao fim a que se destinam os produtos produzidos na PFF, a qualidade dos mesmos tem que ser superior, o que implica a aplicação de tecnologias de pintura diferentes que utilizam tintas aquosas, UV e à base de solvente em quantidades superiores às usadas na BOF, sendo este o principal motivo pelo qual 82% das FF se encontram nesta unidade.

Como o nome indica, a tinta à base de solvente contém uma grande concentração de solventes o que faz com que seja o produto que tem o potencial de impacto ambiental mais significativo entre todos os utilizados nos processos produtivos devido à libertação de grandes quantidades de COVNM e NO_x para a atmosfera.

O cálculo das emissões dos GEE monitorizados foi feito através da multiplicação do número de horas de funcionamento anual das FF pelos respetivos caudais mássicos horários (kg h⁻¹) monitorizados à saída das FF. No caso do CO₂, a monitorização é feita através da análise do seu caudal volúmico (m³ h⁻¹), portanto foi necessário multiplicá-lo pela massa volúmica do CO₂ (1,96 kg m⁻³) e pelo número de horas de funcionamento anual das FF. A Equação 2 representa a fórmula utilizada no cálculo das emissões de GEE através das FF.

$$Emissões\ do\ GEE_y = \sum_x (t.\ funcionamento\ da\ FF_x \times Q_y) \quad (2)$$

Em que, Emissões de GEE_y representa a emissão do GEE y associada às FF da fábrica (kg), t. funcionamento da FF_x representa o número de horas de funcionamento da FF_x (h), e Q representa o caudal mássico do poluente y (kg h⁻¹).

O cálculo da pegada de carbono associada à emissão de GEE pelas fontes fixas foi feito de acordo com a Equação 3, através da multiplicação dos PAG específicos para os gases poluentes monitorizados pelas emissões dos respetivos poluentes que foram monitorizados à saída das fontes fixas.

$$Pegada\ de\ carbono = \sum_y (emissões_y \times PAG_y) \quad (3)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono associada às emissões das FF da fábrica ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$), emissões_y representa as emissões de GEE do poluente y (kg) e PAG_y é o potencial de aquecimento global do poluente y.

Os PAG do CO_2 , CO, NO_x e COVNM foram obtidos a partir da Tabela 1. É importante referir que o CO_2 emitido pela caldeira (FF1) não foi contabilizado para o cálculo da pegada de carbono uma vez que este é proveniente da combustão de uma fonte de energia considerada biogénica. Como o serrim usado como combustível na caldeira provém dos desperdícios que se verificam ao longo da cadeia produtiva, a sua constituição não é 100% madeira, também contém outras substâncias químicas (maioritariamente colas e tintas) que ao contrário da madeira, têm que ser contabilizadas no cálculo da pegada de carbono. Neste estudo, foi assumida uma percentagem de 10% de resina ureia-formaldeído presente no serrim (igual à que consta na declaração ambiental do produto da Finsa), tendo sido excluídas as substâncias químicas que são acrescentadas ao produto durante o processo produtivo que ocorre na IKEA (Finsa, 2010). Segundo o guia que é utilizado como ferramenta de cálculo das emissões de GEE para as indústrias que produzam produtos em madeira que se encontra no GHG Protocol, são emitidos $0,5 \text{ kg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$ de resina consumida (NCASI, 2005). As emissões de CO_2 foram calculadas segundo a Equação 4.

$$\text{Emissões de CO}_2 = \% \text{ de resina} \times m \times FE = 5040000 \times 0,1 \times 0,5 = 2,52 \times 10^5 \quad (4)$$

Em que, Emissões de CO_2 representa as emissões de CO_2 associadas à caldeira (kg CO_2), % de resina representa a percentagem de resina que o serrim contém (%), m é a quantidade de serrim consumida durante o ano de 2013 (kg) e FE é o fator de emissão específico da resina ($\text{kg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$ resina).

Na Tabela 4 são apresentadas as emissões totais de cada poluente através das FF (inclusive da caldeira) bem como a pegada de carbono associada a estas emissões.

Tabela 4 – Emissões totais de cada poluente e respetiva pegada de carbono associada às fontes fixas no ano de 2013.

Poluente	Emissão (kg)	PAG ^(a)	Pegada de Carbono ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$)	Pegada de Carbono Total ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$)
CO_2	$1,81 \times 10^7$	1	$5,43 \times 10^6$	$6,03 \times 10^6$
CO	$3,70 \times 10^4$	3	$1,11 \times 10^5$	
NO_x	$4,27 \times 10^4$	8	$3,41 \times 10^5$	
SO_2	$1,37 \times 10^3$	n.d. ^(b)	n.d. ^(b)	
COVNM	$1,29 \times 10^4$	11	$1,42 \times 10^5$	

^(a) Os valores do PAG foram retirados da Tabela 1; ^(b) n.d. – não definido; na bibliografia consultada, não foi possível encontrar o valor para o PAG do SO_2 .

Emissões Resultantes da Combustão de Combustível no Vocsidizer

Para reduzir a emissão de GEE para a atmosfera devido à utilização das tintas à base de solvente, foi implementado um sistema de tratamento dos COV provenientes das etapas da pintura à base de solvente chamado *vocsidizer* que está ligado à FF42 e FF43 (Figura 11). O *vocsidizer* é um equipamento alimentado a Gás Petróleo Liquefeito (GPL) que permite reduzir a concentração de COV nos efluentes gasosos na ordem dos 98,3%, através de um processo de oxidação química regenerativa avançada que ocorre a elevadas temperaturas, acelerando o processo de degradação dos COVNM. O poder calorífico inferior (PCI) considerado para a combustão do GPL foi de 1,1145 tep (tonelada equivalente de petróleo) por t de GPL consumida e o FE associado ao seu consumo considerado foi de 2637,7 kg CO_{2 eq} por tep consumida. Estes valores foram consultados no despacho nº 17313/2008 emitido pela direção geral de energia e geologia. A pegada de carbono relativa ao consumo de GPL foi calculada de acordo com a Equação 5.

$$Pegada \text{ de carbono} = \text{consumo} \times \text{PCI} \times \text{FE} \quad (5)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono associada às emissões do *vocsidizer* (kg CO_{2 eq}), consumo representa o consumo de GPL ao longo do ano de 2013 (t); PCI é o poder calorífico inferior do GPL (tep t⁻¹) e FE representa o fator de emissão para o GPL (kg CO_{2 eq} tep⁻¹).

As restantes fontes fixas também dispõem de sistemas de tratamento que permitem a redução da pegada de carbono, nomeadamente filtros de cartão e de fibra de vidro. Como a FF1 está associada a um processo de combustão de biomassa para a obtenção de energia, para reduzir a emissão de poluentes, foram instalados dois sistemas de tratamento, filtros eletrostáticos e um sistema de despoeiramento multiciclone.

Na Tabela 5 encontram-se os consumos de GPL do *vocsidizer* durante o ano de 2013 e a pegada de carbono associada.

Tabela 5 – Consumo de GPL e respetiva pegada de carbono associada ao *vocsidizer* no ano de 2013.

Mês	Consumo de GPL (tep) ^(a)	Fator de Emissão (kg CO ₂ eq tep ⁻¹) ^(a)	Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq)
janeiro	1,21×10 ¹	2,64×10 ³	3,20×10 ⁴
fevereiro	8,28×10 ⁰		2,18×10 ⁴
março	1,26×10 ¹		3,33×10 ⁴
abril	8,14×10 ⁰		2,15×10 ⁴
maio	1,60×10 ¹		4,22×10 ⁴
junho	8,09×10 ⁰		2,14×10 ⁴
julho	6,22×10 ⁰		1,64×10 ⁴
agosto	7,17×10 ⁰		1,89×10 ⁴
setembro	1,55×10 ¹		4,08×10 ⁴
outubro	8,63×10 ⁰		2,28×10 ⁴
novembro	9,01×10 ⁰		2,38×10 ⁴
dezembro	8,50×10 ⁰		2,24×10 ⁴
Total	1,20×10 ²		3,17×10 ⁵

^(a) Despacho nº 17313/2008.

Emissões Fugitivas

No cálculo das emissões fugitivas foram considerados os equipamentos de ar condicionado, bombas de calor, equipamentos de refrigeração, comutadores de alta tensão e o sistema de segurança contra incêndio. Durante o tempo de vida destes equipamentos é libertada para a atmosfera uma percentagem do gás contido nos seus interiores que é necessário para os seus corretos funcionamentos. É por este motivo que estes equipamentos têm que ser recarregados periodicamente. Os gases refrigerantes que estão contidos nos equipamentos de ar condicionado e bombas de calor existentes em toda a fábrica são o R134a, R410a e o R407c. Nos equipamentos de refrigeração está presente o gás R404a, os comutadores de alta tensão contêm Sf₆ e os equipamentos de segurança contra incêndio possuem HFC-227. Como em 2013 houve um incêndio, o sistema de segurança contra incêndios teve que ser recarregado totalmente.

A pegada de carbono associada às emissões fugitivas foi calculada a partir de uma ferramenta automática em formato *Excel* fornecida pelo *GHG Protocol* de acordo com a Equação 6 (GHG, 2005).

$$Pegada\ de\ carbono = \sum_y (carga\ de\ gás_y \times \% \text{ recarga anual}_y \times PAG_y) \quad (6)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono associada às emissões fugitivas (kg CO₂ eq), carga de gás_y representa quantidade de gás y contido no equipamento (kg), % recarga anual_y representa quantidade de gás y que é recarregado anualmente (%) e PAG_y é o potencial de aquecimento global para o gás refrigerante y.

A percentagem de recarga anual para os equipamentos em estudo foi obtida através da ferramenta *GHG Protocol*, a quantidade de gás no interior de cada equipamento foi fornecida pelo fabricante e o PAG para os gases refrigerantes foram consultados no segundo relatório de avaliação do IPCC (IPCC, 1995), com a exceção do SF₆ e do HFC-227 que foram obtidos a partir da ferramenta de cálculo da pegada de carbono fornecida pela metodologia DEFRA (DEFRA, 2014). Na Tabela 6 é apresentada de uma forma sucinta a pegada de carbono relativa às emissões fugitivas. No Anexo D (Tabela D1) é apresentado um exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono das emissões fugitivas.

Tabela 6 – Quantidade de gás refrigerante recarregada e respetiva pegada de carbono associada às emissões fugitivas no ano de 2013.

Gás Refrigerante	Quantidade Recarregada (kg)	PAG	Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de Carbono total (kg CO ₂ eq)
R134a	1,87×10 ⁰	1 300 ^(a)	2,43×10 ³	3,13×10 ⁵
R404a	4,54×10 ⁰	3 260 ^(a)	1,48×10 ⁴	
R410a	2,07×10 ⁰	1 725 ^(a)	3,57×10 ³	
R407c	1,90×10 ⁻¹	1 526 ^(a)	2,90×10 ²	
HFC-227	8,50×10 ¹	2 900 ^(b)	2,47×10 ⁵	
SF ₆	1,89×10 ⁰	23900 ^(b)	4,51×10 ⁴	

^(a) IPCC, 1995; ^(b) DEFRA, 2014.

Fontes Móveis de Emissão de Poluentes Pertencentes à Empresa

As fontes móveis de emissão de GEE controladas 100% pela empresa que foram incluídas no inventário para o cálculo da pegada de carbono foram os empilhadores utilizados no transporte de materiais no interior da fábrica e os carros da empresa utilizados em deslocações de trabalho.

Empilhadores

Existem 3 tipos de empilhadores diferentes utilizados nas instalações: i) empilhadores movidos a gás e a eletricidade utilizados no transporte de materiais de média dimensão; ii) empilhadores de grandes dimensões movidos a gasóleo denominados *Kalmar* que são maioritariamente utilizados nos armazéns de receção de matéria-prima para descarregar os camiões e armazenar a matéria-prima; e iii) empilhadores de pequena dimensão denominados *stackers* movidos a eletricidade, utilizados no transporte de pequenas quantidades de material. Como os *stackers* e alguns empilhadores de média dimensão são movidos a eletricidade, as emissões de GEE referentes ao consumo energético destes foram contabilizadas na fatura elétrica da empresa do ano de 2013. Na Figura 13 apresentam-se os empilhadores utilizados nas instalações da empresa.



Figura 13 – Empilhadores utilizados na IKEA Industry. Kalmar (lado esquerdo) (Kalmar, 2014), empilhador a gás (centro) e o *stacker* (lado direito) (Toyota, 2014a).

O cálculo da pegada de carbono relativa ao consumo de GPL foi novamente feito de acordo com a Equação 5. O PCI considerado para o gasóleo foi de 1,022 tep t⁻¹ e para o GPL foram considerados os mesmos valores para o PCI e FE que foram utilizados no cálculo da pegada de carbono do *vocsdizer* (1,1145 tep t⁻¹ de GPL consumida e 2637,7 kg CO_{2 eq} tep⁻¹ consumida, respetivamente). Como os consumos de gasóleo dos empilhadores foram contabilizados em litros e o seu FE expressa-se em kg CO_{2 eq} tep⁻¹, foi necessário multiplicar o volume de gasóleo (l) consumido pela respetiva massa volúmica. De acordo com a Portaria nº 228/1990, de 27 de Março, para efeitos de equivalência a massa volúmica do gasóleo é de 0,835 t m⁻³. Os FE foram consultados no despacho nº 17313/2008 emitido pela direção geral de energia e geologia. A pegada de carbono relativa ao consumo de GPL e gasóleo dos empilhadores foi calculada segundo a Equação 7.

$$\text{Pegada de carbono} = \text{consumo}_{\text{GPL}} \times \text{PCI}_{\text{GPL}} \times \text{FE}_{\text{GPL}} + \text{consumo}_{\text{gasóleo}} \times \text{PCI}_{\text{gasóleo}} \times \text{FE}_{\text{gasóleo}} \quad (7)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono associada aos empilhadores (kg CO_{2 eq}), consumo_{GPL} representa o consumo de GPL ao longo do ano de 2013 (t), PCI_{GPL} é o poder calorífico inferior do GPL (tep t⁻¹), FE_{GPL} representa o fator de emissão para o GPL (kg CO_{2 eq} tep⁻¹), consumo_{gasóleo} representa o consumo de gasóleo ao longo do ano de 2013 (t), PCI_{gasóleo} é o poder calorífico inferior do gasóleo (tep t⁻¹) e FE_{gasóleo} representa o fator de emissão para o gasóleo (kg CO_{2 eq} tep⁻¹).

A Pegada de carbono associada à atividade dos empilhadores no ano de 2013 encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Consumo de GPL, gasóleo e respetiva pegada de carbono associada à atividade dos empilhadores no ano de 2013

Mês	Consumo de GPL ^(a) (tep)	Consumo de gasóleo ^(a) (tep)	FE do GPL ^(a) (kg CO ₂ eq tep ⁻¹)	FE do Gasóleo ^(a) (kg CO ₂ eq tep ⁻¹)	Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq)
janeiro	6,54×10 ⁻¹	3,50×10 ⁰	2,64×10 ³	3,10×10 ³	1,26×10 ⁴
fevereiro	7,50×10 ⁻¹	3,22×10 ⁰			1,19×10 ⁴
março	2,17×10 ⁻¹	3,12×10 ⁰			1,02×10 ⁴
abril	7,16×10 ⁻¹	3,56×10 ⁰			1,29×10 ⁴
maio	8,05×10 ⁻¹	3,36×10 ⁰			1,25×10 ⁴
junho	5,43×10 ⁻¹	3,91×10 ⁰			1,35×10 ⁴
julho	3,81×10 ⁻¹	4,46×10 ⁰			1,48×10 ⁴
agosto	4,57×10 ⁻¹	2,16×10 ⁰			7,91×10 ³
setembro	7,94×10 ⁻¹	3,61×10 ⁰			1,33×10 ⁴
outubro	9,70×10 ⁻¹	4,42×10 ⁰			1,63×10 ⁴
novembro	6,45×10 ⁻¹	3,19×10 ⁰			1,16×10 ⁴
dezembro	3,02×10 ⁻¹	3,28×10 ⁰			1,10×10 ⁴
Total	7,24×10⁰	4,18×10¹			1,49×10⁵

(a) Despacho nº 17313/2008.

Viagens de Negócio (Veículos da Empresa)

Durante o ano de 2013, as deslocações de trabalho em território nacional foram feitas com os carros da empresa e de comboio, no entanto só as deslocações feitas com os carros da empresa podem ser consideradas emissões diretas. Nas deslocações internacionais, em todas as ocasiões o meio de transporte utilizado foi o avião. As emissões associadas às viagens de comboio e de avião são apresentadas no capítulo referente às restantes emissões indiretas.

Até ao mês de Agosto de 2013, a empresa dispunha de 2 carros híbridos que trabalham a gasolina e eletricidade da marca *Toyota*, modelo *prius*. Em Setembro foram adquiridos mais veículos mas desta vez da marca *Volkswagen*, modelo *golf* que consomem gasóleo em vez de gasolina. É por esta razão que até Agosto não houve registo de consumo de gasóleo, só a partir de Setembro, com a aquisição dos novos veículos é que se começou a registar o consumo simultâneo de gasolina e gasóleo. No cálculo das emissões, os GEE considerados foram o CO₂, CH₄ e o N₂O. Os FE para o CO₂ foram retirados dos respetivos catálogos fornecidos pela própria marca (Toyota, 2014b; Volkswagen, 2013) e os do CH₄ e N₂O foram consultados no inventário de emissões de GEE da Agência Europeia do Ambiente (EMEP/EEA, 2009), que engloba fatores para os diversos tipos de tecnologia de motor e tipo de veículos. Segundo os catálogos das características dos veículos fornecidos pela marca, ambos têm incorporada nos motores a tecnologia Euro V. Os FE usados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Fatores de emissão específicos para as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O (Toyota, 2014b; Volkswagen, 2013; EMEP/EEA, 2009).

Veículo	Combustível	Tecnologia do motor	Fatores de emissão		
			CO ₂ (kg km ⁻¹)	CH ₄ (kg kg ⁻¹ de combustível)	N ₂ O (kg km ⁻¹)
<i>Toyota prius</i>	Gasolina	Euro V ^(a)	9,00×10 ⁻² ^(a)	7,10×10 ⁻⁴ ^(c)	5,00×10 ⁻⁶ ^(c)
<i>Volkswagen golf</i>	Gasóleo	Euro V ^(b)	9,80×10 ⁻² ^(b)	4,00×10 ⁻⁵ ^(c)	1,00×10 ⁻⁵ ^(c)

^(a) Toyota, 2014b; ^(b) Volkswagen, 2013; ^(c) EMEP/EEA, 2009.

Uma vez que os registos sobre os consumos de combustível dos veículos da empresa se referem ao volume (l) e o FE para o CH₄ está expresso em massa por massa (kg kg⁻¹ de combustível consumido), para a conversão de unidades foi considerado para o gasóleo e para a gasolina uma massa volúmica de 0,835 kg m⁻³ e 0,720 kg m⁻³ (Portaria nº 228/1990), respetivamente. Na quantificação da pegada de carbono foram uma vez mais considerados os PAG para o CO₂, CH₄ e N₂O fornecidos pela metodologia PAS 2050:2011 (BSI, 2011). A pegada de carbono foi calculada segundo a Equação 8.

$$\begin{aligned}
 \text{Pegada de carbono} = & \text{consumo}_{\text{gasolina}} \times \text{FE}_{\text{CH}_4} \times \text{PAG}_{\text{CH}_4} + \text{dist.}_{\text{gasolina}} \times (\text{FE}_{\text{CO}_2} \times \\
 & \text{PAG}_{\text{CO}_2} + \text{FE}_{\text{N}_2\text{O}} \times \text{PAG}_{\text{N}_2\text{O}}) + \text{consumo}_{\text{gasóleo}} \times \text{FE}_{\text{CH}_4} \times \text{PAG}_{\text{CH}_4} + \text{dist.}_{\text{gasóleo}} \times \\
 & (\text{FE}_{\text{CO}_2} \times \text{PAG}_{\text{CO}_2} + \text{FE}_{\text{N}_2\text{O}} \times \text{PAG}_{\text{N}_2\text{O}}) \quad (8)
 \end{aligned}$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono associada aos carros da empresa (kg CO₂ eq), consumo_{gasolina} representa consumo de gasolina dos carros da empresa (kg), dist._{gasolina} representa a distância percorrida pelos carros híbridos (km), consumo_{gasóleo} representa consumo de gasóleo dos carros da empresa (kg), dist._{gasóleo} representa a distância percorrida pelos carros movidos a gasóleo (km), FE CO₂ representa o fator de emissão do CO₂ (kg km⁻¹), PAG CO₂ é o potencial de aquecimento global do CO₂, FE CH₄ representa o fator de emissão do CH₄ (kg kg⁻¹ de combustível), PAG CH₄ é o potencial de aquecimento global do CH₄, FE N₂O representa o fator de emissão do N₂O (kg km⁻¹) e PAG N₂O é o potencial de aquecimento global do N₂O.

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos para o cálculo da pegada de carbono da frota automóvel da empresa.

Tabela 9 – Distância percorrida, consumo de combustível e respetiva pegada de carbono dos veículos da empresa no ano de 2013.

Veículo	Consumo (l)	Distância percorrida (km)	Emissões de GEE (kg)			Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de Carbono total (kg CO ₂ eq)
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Toyota prius	6,58×10 ³	1,65×10 ⁵	1,48×10 ⁴	3,37×10 ⁰	8,23×10 ⁻¹	1,51×10 ⁴	1,59×10 ⁴
Volkswagen golf	3,72×10 ²	7,44×10 ³	7,29×10 ²	1,24×10 ⁻²	7,44×10 ⁻²	7,52×10 ²	

5.1.2 Emissões Indiretas: Consumo de Eletricidade

Os dados relativos ao consumo de eletricidade foram obtidos a partir do RAA do ano de 2013. No cálculo da pegada de carbono (Equação 9) foram considerados os fatores de emissão fornecidos pela metodologia DEFRA relativos à produção, distribuição e transporte da eletricidade específicos para Portugal (DEFRA, 2014). Os FE variam de país para país porque a percentagem de contribuição de cada fonte de energia não é igual. Uns países têm uma maior capacidade de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis do que outros, o que se repercute no FE da produção de energia elétrica.

$$\text{Pegada de carbono} = \text{consumo eletricidade} \times \text{FE} \quad (9)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono (kg CO₂ eq), consumo eletricidade representa a eletricidade consumida no ano de 2013 (kWh) e FE representa o fator de emissão considerado no cálculo da pegada de carbono (kg CO₂ eq kWh⁻¹).

Na Tabela 10 são apresentados os consumos energéticos expressos em kWh ao longo de cada mês do ano de 2013 e a pegada de carbono correspondente à eletricidade consumida.

Tabela 10 – Consumo de eletricidade e respetiva pegada de carbono associada à produção, distribuição e transporte no ano de 2013.

Mês	Produção			Distribuição e transporte		Pegada de carbono total (kg CO ₂ eq)
	Consumo de eletricidade (kWh)	Fator de emissão ^(a) (kg CO ₂ eq kWh ⁻¹)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Fator de Emissão ^(a) (kg CO ₂ eq kWh ⁻¹)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	
janeiro	4,31×10 ⁶	2,55×10 ⁻¹	1,10×10 ⁶	2,21×10 ⁻²	9,53×10 ⁴	1,38×10 ⁷
fevereiro	3,84×10 ⁶		9,79×10 ⁵		8,48×10 ⁴	
março	4,02×10 ⁶		1,03×10 ⁶		8,89×10 ⁴	
abril	4,07×10 ⁶		1,04×10 ⁶		8,99×10 ⁴	
maio	4,32×10 ⁶		1,10×10 ⁶		9,55×10 ⁴	
junho	4,04×10 ⁶		1,03×10 ⁶		8,92×10 ⁴	

^(a) DEFRA, 2014.

Tabela 10 (cont) - Consumo de eletricidade e respetiva pegada de carbono associada à produção, distribuição e transporte no ano de 2013.

Mês	Produção		Distribuição e transporte			Pegada de carbono total (kg CO ₂ eq)
	Consumo de eletricidade (kWh)	Fator de emissão ^(a) (kg CO ₂ eq kWh ⁻¹)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Fator de Emissão ^(a) (kg CO ₂ eq kWh ⁻¹)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	
julho	4,81×10 ⁶	2,55×10 ⁻¹	1,23×10 ⁶	2,21×10 ⁻²	1,06×10 ⁵	1,38×10 ⁷
agosto	2,36×10 ⁶		6,01×10 ⁵		5,21×10 ⁴	
setembro	4,79×10 ⁶		1,22×10 ⁶		1,06×10 ⁵	
outubro	4,85×10 ⁶		1,24×10 ⁶		1,07×10 ⁵	
novembro	4,61×10 ⁶		1,18×10 ⁶		1,02×10 ⁵	
dezembro	3,69×10 ⁶		9,43×10 ⁵		8,16×10 ⁴	

^(a) DEFRA, 2014.

5.1.3 Restantes Emissões Indiretas

Viagens de Negócio (Meios de Transporte Não Pertencentes à Empresa)

Durante o ano de 2013 foram feitas um total de 4 viagens (ida e volta) de alfa pendular com origem no Porto (estação de Campanhã) e com destino Lisboa (Gare do Oriente), tendo sido percorridos um total de 2560 km. No cálculo da pegada de carbono associada às deslocações de comboio, os fatores de emissão considerados foram fornecidos pela ferramenta de cálculo desenvolvida pela metodologia DEFRA (DEFRA, 2014). Apesar de as viagens de comboio terem sido feitas no alfa pendular, como a metodologia foi desenvolvida para o Reino Unido, para efeitos de cálculo foi considerado um FE correspondente a um comboio Inglês. A pegada de carbono correspondente às viagens de comboio foi calculada de acordo com a Equação 10.

$$Pegada\ de\ carbono = dist.\ percorrida \times \sum_x FE_x \quad (10)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono (kg CO₂ eq), dist. Percorrida representa a distância percorrida (km) e FE_x representa o fator de emissão do poluente x (kg CO₂ eq km⁻¹).

Na Tabela 11 são indicados os FE utilizados bem como a respetiva pegada de carbono calculada.

Tabela 11 – Distância percorrida e respetiva pegada de carbono associada às viagens feitas de comboio no ano de 2013.

Meio de transporte	GEE	Fator de emissão (kg CO ₂ eq km ⁻¹) ^(a)	Distância percorrida (km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ eq)
Comboio	CO ₂	4,88×10 ⁻²	2,56×10 ³	1,25×10 ²	1,26×10 ²
	CH ₄	4,00×10 ⁻⁵		1,02×10 ⁻¹	
	N ₂ O	2,00×10 ⁻⁴		5,12×10 ⁻¹	

^(a) DEFRA, 2014.

As deslocações internacionais foram todas feitas de avião. No Anexo E (Tabela E1) estão presentes alguns exemplos dos registos viagens feitos das viagens de avião durante o ano de 2013. Com a exceção de uma viagem, todas as outras tiveram como origem o Aeroporto Francisco de Sá Carneiro. A distância percorrida entre o aeroporto de origem e o de destino foi obtida com auxílio de uma ferramenta de cálculo automático chamada *Airport Distance Calculator* (Airport Distance Calculator, 2014). Para efeitos de cálculo, a distância percorrida na viagem de regresso foi considerada igual à distância percorrida na viagem de ida.

Os FE utilizados para o cálculo da pegada de carbono das viagens de avião foram obtidos a partir da metodologia DEFRA e consideram um incremento das emissões de GEE para compensar os casos em que os voos não seguem a rota mais direta. Como a grande maioria das viagens foram feitas em território europeu, para efeitos de cálculo foi considerada a categoria “short-haul” que diz respeito aos voos que são feitos sem sair do espaço europeu e que as viagens foram feitas em classe económica. A pegada de carbono foi calculada de acordo com a Equação 10 (DEFRA, 2014). Na Tabela 12 são apresentados os FE específicos para os aviões bem como a pegada de carbono associada.

Tabela 12 – Distância percorrida e respetiva pegada de carbono associada às viagens feitas de avião no ano de 2013.

Meio de transporte	GEE	Fator de emissão (kg CO ₂ eq km ⁻¹) ^(a)	Distância percorrida (km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono Total (kg CO ₂ eq)
Avião	CO ₂	1,82×10 ⁻¹	3,78×10 ⁶	6,90×10 ⁵	6,94×10 ⁵
	CH ₄	1,10×10 ⁻⁵		4,16×10 ¹	
	N ₂ O	9,50×10 ⁻⁴		3,59×10 ³	

^(a) DEFRA, 2014.

Consumo de Água

O consumo de água foi obtido a partir do RAA de 2013, tendo sido considerada a água proveniente da rede pública que abastece a rede geral e a rede de incêndio (IKEA, 2013c). Existem dois contadores nas instalações, um contador para a água usada para fins domésticos (cantina e sanitários), para fins industriais e para repor o grau de humidade do ar dentro das instalações, e outro para a água que alimenta a rede de incêndios. Verificou-se que houve consumo de água na rede de incêndio todos os meses, não porque tenham ocorrido incêndios mas sim porque legalmente é obrigatório fazer um teste mensal à referida rede. Os FE associados ao consumo de água foram obtidos a partir da metodologia DEFRA (DEFRA, 2014). A pegada de carbono respeitante ao consumo de água foi calculada a partir da Equação 11.

$$\text{Pegada de carbono} = \text{consumo de água} \times \text{FE} \quad (11)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono ($\text{kg CO}_2\text{eq}$), consumo de água representa a água consumida no ano de 2013 (m^3) e FE representa o fator de emissão considerado no cálculo da pegada de carbono ($\text{kg CO}_2\text{eq m}^{-3}$).

A Tabela 13 apresenta o registo mensal do consumo de água e o resultado obtido no cálculo da pegada de carbono do consumo de água durante o ano de 2013.

Tabela 13 – Consumo de água e respetiva pegada de carbono para o ano de 2013.

Mês	Consumo da rede geral (m^3)	Consumo da rede de incêndio (m^3)	Fator de emissão ($\text{kg CO}_2\text{eq m}^{-3}$) ^(a)	Pegada de carbono ($\text{kg CO}_2\text{eq}$)	Pegada de carbono total ($\text{kg CO}_2\text{eq}$)
janeiro	$2,27 \times 10^3$	$6,00 \times 10^1$	$3,44 \times 10^{-1}$	$8,02 \times 10^2$	$1,20 \times 10^4$
fevereiro	$2,78 \times 10^3$	$4,00 \times 10^1$		$9,71 \times 10^2$	
março	$2,50 \times 10^3$	$0,00 \times 10^0$		$8,60 \times 10^2$	
abril	$3,11 \times 10^3$	$2,00 \times 10^1$		$1,08 \times 10^3$	
maio	$3,04 \times 10^3$	$7,00 \times 10^1$		$1,07 \times 10^3$	
junho	$3,21 \times 10^3$	$6,00 \times 10^1$		$1,13 \times 10^3$	
julho	$3,18 \times 10^3$	$2,60 \times 10^2$		$1,18 \times 10^3$	
agosto	$2,58 \times 10^3$	$1,50 \times 10^1$		$8,94 \times 10^2$	
setembro	$2,58 \times 10^3$	$1,50 \times 10^1$		$8,94 \times 10^2$	
outubro	$2,92 \times 10^3$	$6,65 \times 10^2$		$1,23 \times 10^3$	
novembro	$2,99 \times 10^3$	$1,00 \times 10^1$		$1,03 \times 10^3$	
dezembro	$2,47 \times 10^3$	$3,00 \times 10^1$		$8,60 \times 10^2$	

^(a) DEFRA, 2014.

Produção de Resíduos

A produção de resíduos no ano de 2013 foi separada por categorias e foi obtida a partir do RAA de 2013 (IKEA, 2013c). A IKEA tem uma política de gestão de resíduos que vai de encontro com a hierarquia de gestão de resíduos definida pelo Decreto-Lei nº 73/2011: i) prevenção e redução na fonte; ii) reutilização; iii) reciclagem; e iv) outros tipos de valorização (por exemplo compostagem ou valorização energética); e v) deposição em aterro. Esta última opção da hierarquia de gestão de resíduos não é considerada pela empresa, pois é expressamente proibida a deposição em aterro dos resíduos produzidos nas unidades do grupo. Cada tipologia de resíduo é gerida segundo a operação mais adequada, que pode ser de valorização (código R) ou de eliminação (código D).

Os fatores de emissão foram consultados na metodologia DEFRA e atribuídos a cada tipologia de resíduo de acordo com o seu código de valorização ou eliminação. Nos casos em que não foi encontrado um fator de emissão específico para o resíduo em questão, foi utilizado um fator de emissão mais genérico

definido de uma forma global para os resíduos industriais (DEFRA, 2014). A pegada de carbono da produção de resíduos foi calculada a partir da Equação 12.

$$\text{Pegada de carbono} = \sum_x (\text{prod. resíduo}_x \times FE_x \text{ prod. resíduo}_x) \quad (12)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono (kg CO₂ eq), prod. resíduo_x representa a quantidade de resíduo x produzida (t) e FE_x representa fator de emissão do resíduo x (kg CO₂ eq t⁻¹).

A Tabela 14 expõe os fatores de emissão considerados para cada tipologia de resíduo e a pegada de carbono respeitante à produção de resíduos no ano de 2013.

Tabela 14 – Quantidade de resíduos produzidos e respetiva pegada de carbono para o ano de 2013.

Designação do resíduo	Quantidade (t)	Operação de valorização ou eliminação	Fator de emissão (kg CO ₂ eq t ⁻¹) ^(a)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ eq)
Serrim	4,99×10 ³	R13	21	1,05×10 ⁵	6,03×10 ⁵
	6,32×10 ³			1,33×10 ⁵	
	4,64×10 ³			9,74×10 ⁴	
	1,17×10 ³			2,46×10 ⁴	
	3,70×10 ²			7,76×10 ³	
Lixas	5,23×10 ¹	R13	21	1,10×10 ³	
Resíduos tintas e vernizes	1,78×10 ⁰	R13	21	3,74×10 ¹	
Resíduos de tintas com solventes e resíduos de diluentes	2,40×10 ⁻¹	R13	21	5,04×10 ⁰	
Suspensões aquosas contendo tintas	1,93×10 ²	R13	21	4,06×10 ³	
	2,03×10 ²	R03	21	4,25×10 ³	
Resíduos líquidos aquosos	9,29×10 ²	R03	21	1,95×10 ⁴	
	2,72×10 ¹	R13	21	5,72×10 ²	
Cinzas	5,28×10 ¹	R03	21	1,11×10 ³	
Aparas de matérias plásticas	3,55×10 ¹	R13	21	7,46×10 ²	
Líquido de lavagem aquoso	5,22×10 ⁰	D15	(b)	(b)	
Óleos de motores, transmissão e lubrificação	1,84×10 ⁰	R13	21	3,86×10 ¹	
Águas oleosas de separadores de óleos da água	1,90×10 ¹	R13	21	3,99×10 ²	
Solventes e mistura de Solventes	5,40×10 ²	R02	21	1,13×10 ⁴	
	3,18×10 ⁻¹	R13	21	6,68×10 ⁰	

^(a) DEFRA, 2014; ^(b) não foi encontrado o fator de emissão na bibliografia consultada.

Tabela 14 (cont) – Quantidade de resíduos produzidos e respetiva pegada de carbono para o ano de 2013.

Designação do resíduo	Quantidade (t)	Operação de valorização ou eliminação	Fator de emissão (kg CO ₂ eq t ⁻¹) ^(a)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ eq)
Papel/Cartão	6,04×10 ²	R13	21	1,27×10 ⁴	6,03×10 ⁵
Filme plástico	1,13×10 ²	R13	21	2,38×10 ³	
	1,96×10 ⁰	R13		4,12×10 ¹	
Embalagens de madeira	7,55×10 ³	R13	21	1,59×10 ⁵	
	1,61×10 ²			3,37×10 ³	
	2,27×10 ¹			4,78×10 ²	
Embalagens de metal	5,28×10 ⁰	R13	21	1,11×10 ²	
Embalagens compósitas	2,04×10 ¹	R13	21	4,29×10 ²	
Mistura de embalagens	2,11×10 ²	R13	21	4,43×10 ³	
Embalagens Contaminadas	5,74×10 ¹	R13	21	1,21×10 ³	
Absorventes de materiais filtrantes contaminantes	2,87×10 ²	R13	21	6,02×10 ³	
Resíduos hospitalares grupo IV cortantes	1,10×10 ⁻²	D15	199	2,19×10 ⁰	
Resíduos hospitalares grupo III de desinfeção	1,10×10 ⁻¹	D14	199	2,19×10 ¹	
Mistura de gorduras e óleos dos separadores	4,90×10 ⁰	R13	21	1,03×10 ²	
Vidro	3,71×10 ¹	R13	21	7,78×10 ²	
Plástico (Fitas)	5,14×10 ¹	R13	21	1,08×10 ³	
Metal	4,61×10 ¹	R13	21	9,67×10 ²	
Resíduos de higiene	4,40×10 ⁻¹	D14	199	8,76×10 ¹	

^(a) DEFRA, 2014; (b) não foi encontrado o fator de emissão na bibliografia consultada.

5.1.4 Pegada de Carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira Segundo as Fronteiras A

Seguidamente é apresentada a pegada de carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira obtida segundo uma abordagem de controlo total. Foi calculada a partir da divisão da soma da pegada de carbono das atividades consideradas pela produção anual da fábrica (Equação 13). O resultado é expresso em kg CO₂ eq m⁻² e representa a quantidade de GEE que foram emitidos por cada m² de produto produzido.

$$Pegada\ de\ carbono = \frac{\sum_x\ pegada\ de\ carbono_x}{prod.anual} \quad (13)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono ($\text{kg CO}_2 \text{ eq m}^{-2}$), pegada de carbono_x representa a pegada de carbono da atividade x ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$) e prod. anual representa a produção anual do resíduo x (m^2).

A produção anual foi obtida a partir da soma das produções da BOF e da PFF. Na Tabela 15 estão apresentadas as produções por mês.

Tabela 15 – Produção da IKEA Industry Paços de Ferreira no ano de 2013.

Mês	BOF (m^2)	PFF (m^2)	Total (m^2)
janeiro	$7,50 \times 10^5$	$2,00 \times 10^5$	$9,50 \times 10^5$
fevereiro	$7,10 \times 10^5$	$1,63 \times 10^5$	$8,73 \times 10^5$
março	$6,90 \times 10^5$	$1,67 \times 10^5$	$8,57 \times 10^5$
abril	$7,83 \times 10^5$	$1,83 \times 10^5$	$9,66 \times 10^5$
maio	$7,13 \times 10^5$	$2,24 \times 10^5$	$9,37 \times 10^5$
junho	$7,00 \times 10^5$	$1,84 \times 10^5$	$8,84 \times 10^5$
julho	$8,48 \times 10^5$	$2,34 \times 10^5$	$1,08 \times 10^6$
agosto	$2,71 \times 10^5$	$9,95 \times 10^4$	$3,71 \times 10^5$
setembro	$8,07 \times 10^5$	$2,37 \times 10^5$	$1,04 \times 10^6$
outubro	$9,26 \times 10^5$	$2,27 \times 10^5$	$1,15 \times 10^6$
novembro	$8,29 \times 10^5$	$2,22 \times 10^5$	$1,05 \times 10^6$
dezembro	$5,96 \times 10^5$	$1,46 \times 10^5$	$7,42 \times 10^5$
Total	$8,62 \times 10^6$	$2,29 \times 10^6$	$1,09 \times 10^7$

Na Tabela 16 o resultado é apresentado para cada tipo e para a totalidade dos tipos, sendo indicadas as percentagens de contribuição de cada atividade para a pegada de carbono total.

Tabela 16 – Pegada de carbono total da IKEA Industry Paços de Ferreira segundo as fronteiras A.

Tipo	Atividade	Pegada de carbono ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$)	Pegada de carbono Total ($\text{kg CO}_2 \text{ eq m}^{-2}$)	Percentagem de contribuição (%)
Emissões Diretas	Emissão de gases poluentes a partir das FF	$6,03 \times 10^6$	$5,52 \times 10^{-1}$	27,5%
	Emissões resultantes da combustão de combustível nas fontes fixas	$3,17 \times 10^5$	$2,91 \times 10^{-2}$	1,4%
	Emissões fugitivas	$3,13 \times 10^5$	$2,87 \times 10^{-2}$	1,4%
	Empilhadores	$1,49 \times 10^5$	$1,36 \times 10^{-2}$	0,7%
	Viagens de negócio (veículos da empresa)	$1,59 \times 10^4$	$1,46 \times 10^{-3}$	0,1%
Emissões Indiretas	Consumo de eletricidade	$1,38 \times 10^7$	$1,26 \times 10^0$	62,9%
Restantes Emissões Indiretas	Viagens de negócio (meios de transporte não Pertencentes à empresa)	$6,94 \times 10^5$	$6,36 \times 10^{-2}$	3,2%
	Consumo de água	$1,20 \times 10^4$	$1,10 \times 10^{-3}$	0,1%
	Produção de resíduos	$6,03 \times 10^5$	$5,53 \times 10^{-2}$	2,8%
Total		$2,19 \times 10^7$	$2,01 \times 10^0$	100,0%

5.2 Cálculo da Pegada de Carbono na Ótica mais Abrangente do Ciclo de Vida do Produto

No cálculo da pegada de carbono de acordo com uma abordagem mais global ao ciclo de vida do produto, além das atividades consideradas na metodologia anterior também foram englobadas algumas atividades referentes às restantes emissões indiretas, como referido na secção 4.2.

5.2.1 Transporte de Matéria-prima

O registo da entrada da matéria-prima na fábrica é feito à entrada na portaria, onde é registado o tipo e a proveniência. A partir do registo da portaria, foi calculada a distância entre o local de origem e a fábrica, novamente com recurso à ferramenta *google maps* (Google Maps, 2014).

Para efeitos de cálculo, não foi considerada a viagem de regresso à origem porque normalmente para otimizar os transportes, os camiões aproveitam para fazer outros carregamentos em locais próximos do destino e regressam à origem carregados. A distância percorrida foi calculada a partir da multiplicação do número de viagens feitas no ano de 2013 em cada trajeto, pela distância percorrida durante esse mesmo trajeto. O Anexo F (Tabela F1) representa um exemplo da base de dados utilizada no cálculo da distância total percorrida.

No cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de matéria-prima, os fatores de emissão dos camiões que asseguram o transporte da matéria-prima foram obtidos a partir da metodologia *GHG Protocol*. Como os camiões são movidos a gasóleo e quando carregados com matéria-prima pesam mais do que 32 t, a categoria em que se inserem pertence à classe dos “*Diesel Heavy Truck*” (NCASI, 2005). A Equação 14 representa a fórmula utilizada no cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de matéria-prima.

$$\text{Pegada de carbono} = \text{dist. percorrida} \times \text{FE} \quad (14)$$

Em que, Pegada de carbono representa a Pegada de carbono (kg CO₂ eq), dist. percorrida representa a distância total percorrida (km) e FE representa o fator de emissão considerado no cálculo da pegada de carbono (kg CO₂ eq km⁻¹).

Na Tabela 17 apresenta-se a distância total percorrida no ano de 2013, o fator de emissão considerado e a pegada de carbono referente ao transporte de matéria-prima.

Tabela 17 – Distância percorrida e pegada de carbono associada ao transporte da matéria-prima no ano de 2013.

Fator de emissão (kg/km) ^(a)	Distância percorrida (km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)
8,70×10 ⁻¹	3,65×10 ⁶	3,18×10 ⁶

^(a) GHG, 2005.

5.2.2 Serviços de Assistência Periódica à IKEA Industry Paços de Ferreira

O inventário de serviços de assistência periódica à empresa e respetivas moradas foi fornecido pelo departamento da contabilidade, tendo sido apenas consideradas as empresas que se deslocam diariamente à IKEA Industry Paços de Ferreira para prestar serviços de assistência. No cálculo da pegada de carbono foi considerado que os veículos de assistência pertencem à classe das carrinhas, são movidos a gasóleo e a distância percorrida por estes foi obtida a partir da ferramenta *google maps*. Os fatores de emissão considerados foram obtidos a partir da ferramenta de cálculo da pegada de carbono fornecida pela metodologia DEFRA (DEFRA, 2014). A pegada de carbono foi calculada a partir da Equação 15.

$$\text{Pegada de carbono} = \text{dist. percorrida} \times \sum_x FE_x \quad (15)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono associada às viagens de comboio (kg CO₂ eq), dist. percorrida representa a distância percorrida pelos veículos que fazem a assistência (km) e FE_x representa o fator de emissão do poluente x (kg km⁻¹);

Na Tabela 18 é apresentada a distância percorrida pelos veículos, os fatores de emissão utilizados e a pegada de carbono.

Tabela 18 – Distância percorrida e pegada de carbono associada aos serviços de assistência periódica no ano de 2013.

Empresa	Distância Percorrida (km)	Fator de Emissão (kg CO ₂ eq km ⁻¹) ^(a)			Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de Carbono total (kg CO ₂ eq)
		kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O		
Enermundo - Inst, Elétricas, lda	2,44×10 ³				6,11×10 ²	
Silvino Lindo - Ibérica, SA	4,66×10 ³				1,17×10 ³	
Eurest Portugal, lda	1,81×10 ³				4,54×10 ²	
A Super 2000 SA	5,81×10 ³	2,49×10 ⁻¹	5,06×10 ⁻⁵	1,76×10 ⁻³	1,46×10 ³	6,13×10 ³
Serralharia Coelho, lda	8,00×10 ²				2,01×10 ²	
Prossegur Companhia de Segurança, lda	8,91×10 ³				2,24×10 ³	

^(a) DEFRA, 2014.

5.2.3 Deslocação dos Colaboradores para o Trabalho

Em fevereiro de 2013, trabalhavam na empresa 1441 colaboradores, sendo este o valor assumido para o cálculo da distância percorrida na deslocação dos colaboradores para o trabalho. As moradas dos trabalhadores foram fornecidas pelo departamento dos recursos humanos da empresa. As distâncias entre a casa e o trabalho foram determinadas com base na ferramenta *google maps* (Google Maps, 2014)

e foi tida em conta a partilha de veículos (nem todos os colaboradores vêm sozinhos para o trabalho, por vezes vem mais do que um colaborador no carro). A percentagem de partilha de veículos considerada foi obtida a partir do registo automático do número de veículos que dão entrada diariamente no parque de estacionamento da empresa. Durante o ano de 2013 entraram 213938 veículos no parque de estacionamento e tendo em consideração um total de dias de trabalho de 270, foi registada a entrada de 793 carros dia⁻¹ nas instalações da empresa o que corresponde a 55% do total de 1441 colaboradores, ou seja, a percentagem de partilha foi de 45%. A distância total percorrida foi calculada a partir da Equação 16, que consiste na soma da distância percorrida entre “casa-trabalho” e “trabalho-casa” por cada colaborador multiplicada por um menos a percentagem de partilha e pelo número de dias de trabalho durante o ano de 2013.

$$\text{Dist. percorrida} = \sum_x (\text{dist. casa} - \text{trabalho}_x \times 2 \times (1 - \% \text{ partilha}) \times n^\circ \text{ dias trabalho}) \quad (16)$$

Em que, Dist. percorrida representa a distância total percorrida pelos colaboradores no ano de 2013 na deslocação para o trabalho (km), dist. casa – trabalho_x representa a distância entre a residência do colaborador x e o local de trabalho (km), % de partilha representa a percentagem de partilha de veículos e n° de dias de trabalho representa o número de dias de trabalho no ano de 2013.

O consumo médio assumido foi consultado num projeto de investigação publicado por Carvalho *et al* (2011), que afirma que o consumo médio de um veículo ligeiro em Portugal é de 9,15 l por cada 100 km percorridos. No que diz respeito ao tipo de combustível consumido, considerou-se os dados fornecidos pela Associação Automóvel de Portugal sobre a constituição do parque automóvel português: 60% dos carros consomem gasóleo e os restantes 40% consomem gasolina (ACAP, 2011). Como os consumos de gasóleo e gasolina foram contabilizados em litros e os seus fatores de emissão expressam-se em kg CO₂ eq tep⁻¹, foi necessário multiplicar os consumos de gasóleo e de gasolina pelas respetivas massas volúmicas. De acordo com a Portaria nº 228/1990, de 27 de Março, para efeitos de equivalência, a massa volúmica do gasóleo é de 0,835 t m⁻³ e a da gasolina é de 0,720 t m⁻³.

Os fatores de emissão e os PCI utilizados para a gasolina e para o gasóleo foram consultados na legislação portuguesa, no Despacho nº 17313/2008 emitido pela direção geral de energia e geologia. A pegada de carbono relativa à deslocação dos colaboradores para o trabalho foi calculada de acordo com a Equação 17.

$$\text{Pegada de carbono} = \text{dist. percorrida} \times (\text{consumo médio}_{\text{gasolina}} \times \% \text{ veículos a gasolina} \times \text{PCI}_{\text{gasolina}} \times \text{FE}_{\text{gasolina}} + \text{consumo médio}_{\text{gasóleo}} \times \% \text{ veículos a gasóleo} \times \text{PCI}_{\text{gasóleo}} \times \text{FE}_{\text{gasóleo}}) \quad (17)$$

Em que, Pegada de carbono representa a pegada de carbono associada aos carros da empresa ($\text{kg CO}_2_{\text{eq}}$), dist. percorrida representa a distância total percorrida pelos colaboradores no ano de 2013 na deslocação para o trabalho (km), consumo médio gasolina representa o consumo médio de um carro a gasolina (t km^{-1}), % veículos a gasolina representa a percentagem de veículos a gasolina em Portugal, $\text{PCI}_{\text{gasolina}}$ é o poder calorífico inferior da gasolina (tep t^{-1}), FE gasolina representa o fator de emissão da gasolina ($\text{kg CO}_2_{\text{eq tep}^{-1}}$), consumo médio gasóleo representa o consumo médio de um carro a gasóleo (t km^{-1}), % veículos a gasóleo representa a percentagem de veículos a gasóleo em Portugal, $\text{PCI}_{\text{gasóleo}}$ é o poder calorífico inferior do gasóleo (tep t^{-1}) e FE gasóleo representa o fator de emissão do gasóleo ($\text{kg CO}_2_{\text{eq tep}^{-1}}$).

Na Tabela 19 é apresentada a pegada de carbono associada à deslocação dos colaboradores para o trabalho durante o ano de 2013. No Anexo G (Tabela G1), é apresentado um exemplo da tabela utilizada no tratamento dos dados para o cálculo da pegada de carbono associada à deslocação dos colaboradores durante o ano de 2013.

Tabela 19 – Distância percorrida, consumo de gasóleo, gasolina e respetiva pegada de carbono associada à deslocação dos colaboradores para o trabalho no ano de 2013.

Distância percorrida (km)	Consumo de gasóleo (tep) ^(a)	Consumo de gasolina (tep) ^(a)	Fator de emissão ($\text{kg CO}_2_{\text{eq tep}^{-1}}$) ^(a)		Pegada de carbon total ($\text{kg CO}_2_{\text{eq}}$)
			Gasolina	Gasóleo	
$9,10 \times 10^6$	$1,92 \times 10^2$	$1,15 \times 10^2$	$2,90 \times 10^3$	$3,10 \times 10^3$	$9,26 \times 10^5$

^(a) Despacho nº 17313/2008.

5.2.4 Transporte dos Resíduos Produzidos

Existe uma grande quantidade de entidades gestoras de resíduos que trabalham com a IKEA Industry Paços de Ferreira. Neste estudo apenas foram consideradas as principais entidades que fazem a recolha da maior parte dos resíduos. Para determinar o número de transportes de resíduos que se registaram no ano de 2013, foi feito um formulário, incluindo os campos marca do veículo, entidade que faz o transporte, tipo de resíduo, número de cargas e distância percorrida (Anexo H, Tabela H1), que foi distribuído e preenchido pelos colaboradores que trabalham na estação ambiental (local onde são armazenados temporariamente os resíduos produzidos nas instalações da fábrica). Foram monitorizadas as entradas e saídas de camiões da estação ambiental durante 22 dias das entidades gestoras de resíduos EGEO, Ecociclo e para o caso específico do serrim também foram consideradas além da EGEO, a Enermontijo, Briquetes Raro, Casal e Carreira Biomassa e a Mª Manuela M. Dias Araújo.

A EGEO encaminha os resíduos recicláveis e não perigosos para estação de tratamento/armazenamento localizada na Trofa e os hidrolimpadores de resíduos a granel (águas com tintas, águas com colas e gorduras) transportam os resíduos para a EGEO SISAV de Estarreja. A Ecociclo faz o transporte de todos

os resíduos de madeira com a exceção do serrim para o seu centro de reciclagem situado em Alfena. A Enermontijo localiza-se no Montijo, a Briquetes Raro situa-se em Serzedo, a Casal e Carreira Biomassa em Alcobaça e a M^a Manuela M. Dias Araújo em Vila Nova de Famalicão.

A distância percorrida entre a IKEA Industry Paços de Ferreira e as estações de destino foi determinada recorrendo à ferramenta *google maps* (Google Maps, 2014). No cálculo da distância percorrida foi considerado o trajeto de ida e volta e foi feita uma extrapolação para os 270 dias de trabalho anuais. Os fatores de emissão dos camiões que asseguram o transporte dos resíduos foram obtidos a partir da metodologia *GHG Protocol*, tendo sido incluídos na categoria dos “Diesel Heavy Truck” (NCASI, 2005). O cálculo da pegada de carbono foi feito a partir da Equação 14.

Na Tabela 20 estão indicados os fatores de emissão utilizados bem como os resultados obtidos.

Tabela 20 – Pegada de carbono associada ao transporte dos resíduos produzidos no ano de 2013.

Entidade	Distância percorrida (km)	Fator de emissão (kg CO ₂ eq km ⁻¹) ^(a)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ eq)
Casal Carreira biomassa	3,99×10 ⁴	8,70×10 ⁻¹	3,47×10 ⁴	9,36×10 ⁴
Enermontijo	3,02×10 ⁴		2,63×10 ⁴	
Briquetes raro	8,02×10 ³		6,98×10 ³	
M ^a Manuela M, Dias Araújo	1,66×10 ³		1,44×10 ³	
Ecociclo	1,26×10 ⁴		1,09×10 ⁴	
EGEO Trofa	9,57×10 ³		8,33×10 ³	
EGEO Estarreja	5,60×10 ³		4,87×10 ³	

^(a) GHG, 2005.

5.2.5 Tratamento de Efluentes Líquidos

Apesar de a água utilizada para repor o grau de humidade do ar não ser encaminhada para a rede de saneamento, considerou-se que a quantidade de efluentes líquidos que é encaminhada para a rede de saneamento é igual à água que é consumida. Importa referir que grande parte da água destinada ao consumo humano não provém da rede pública, é engarrafada. Os fatores de emissão associados ao tratamento dos efluentes líquidos foram consultados na metodologia DEFRA (DEFRA, 2014). A pegada de carbono foi calculada a partir da Equação 11.

A Tabela 21 apresenta o cálculo da pegada de carbono associada ao tratamento dos efluentes líquidos.

Tabela 21 – Pegada de carbono associada ao tratamento de efluentes líquidos no ano de 2013.

Mês	Consumo da rede geral (m ³)	Consumo da rede de incêndio (m ³)	Fator de emissão (kg CO ₂ eq m ⁻³)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ eq)
janeiro	2,27×10 ³	6,00×10 ¹	7,09×10 ⁻¹	1,65×10 ³	2,47×10 ⁴
fevereiro	2,78×10 ³	4,00×10 ¹		2,00×10 ³	
março	2,50×10 ³	0,00×10 ⁰		1,77×10 ³	
abril	3,11×10 ³	2,00×10 ¹		2,22×10 ³	
maio	3,04×10 ³	7,00×10 ¹		2,20×10 ³	
junho	3,21×10 ³	6,00×10 ¹		2,32×10 ³	
julho	3,18×10 ³	2,60×10 ²		2,44×10 ³	
agosto	2,58×10 ³	1,50×10 ¹		1,84×10 ³	
setembro	2,58×10 ³	1,50×10 ¹		1,84×10 ³	
outubro	2,92×10 ³	6,65×10 ²		2,54×10 ³	
novembro	2,99×10 ³	1,00×10 ¹		2,13×10 ³	
dezembro	2,47×10 ³	3,00×10 ¹		1,77×10 ³	

5.2.6 Pegada de Carbono da IKEA Industry Paços de Ferreira Segundo as Fronteiras B

A pegada de carbono foi calculada a partir da divisão da soma da pegada de carbono das atividades consideradas, pela produção anual da fábrica (Equação 13). O resultado é expresso em kg CO₂ eq m⁻² e representa a quantidade de GEE que foram emitidos por cada m² de produto produzido.

De acordo com a Tabela 22 o resultado é apresentado de forma independente para cada tipo e no conjunto. São indicadas as percentagens de contribuição de cada atividade para a pegada de carbono total.

Tabela 22 – Pegada de carbono total da IKEA Industry Paços de Ferreira no ano de 2013 segundo as fronteiras B.

Tipo	Atividade	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono Total (kg CO ₂ eq m ⁻²)	Percentagem de contribuição (%)
Emissões Diretas	Emissão de gases poluentes a partir das FF	6,03×10 ⁶	5,52×10 ⁻¹	23,0%
	Emissões resultantes da combustão de combustível nas fontes fixas	3,17×10 ⁵	2,91×10 ⁻²	1,2%
	Emissões fugitivas	3,13×10 ⁵	2,87×10 ⁻²	1,2%
	Empilhadores	1,49×10 ⁵	1,36×10 ⁻²	0,6%
	Viagens de negócio (veículos da empresa)	1,59×10 ⁴	1,46×10 ⁻³	0,1%
Emissões Indiretas	Consumo de eletricidade	1,38×10 ⁷	1,26×10 ⁰	52,7%

Tabela 22 (cont) – Pegada de carbono total da IKEA *Industry* Paços de Ferreira no ano de 2013 segundo as fronteiras B.

Tipo	Atividade	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono Total (kg CO ₂ eq m ⁻²)	Percentagem de contribuição (%)
Restantes Emissões Indiretas	Deslocação dos colaboradores para o trabalho	9,26×10 ⁵	8,48×10 ⁻²	3,5%
	Transporte dos resíduos produzidos	9,36×10 ⁴	8,58×10 ⁻³	0,4%
	Tratamento dos efluentes líquidos	2,47×10 ⁴	2,27×10 ⁻³	0,1%
	Serviços de assistência periódica	6,13×10 ³	5,62×10 ⁻⁴	0,0%
	Viagens de negócio (meios de transporte não pertencentes à empresa)	6,94×10 ⁵	6,36×10 ⁻²	2,7%
	Transporte de matéria-prima	3,18×10 ⁶	2,91×10 ⁻¹	12,2%
	Consumo de água	1,20×10 ⁴	1,10×10 ⁻³	0,0%
	Produção de resíduos	6,03×10 ⁵	5,53×10 ⁻²	2,3%
Total		2,62×10 ⁷	2,40×10 ⁰	100,0%

6. Discussão dos Resultados

Apesar das duas abordagens terem seguido as metodologias DEFRA, GHG *Protocol* e PAS 2050 e de terem sido aplicados factores de emissão iguais para as atividades comuns às duas abordagens, o número de atividades consideradas na análise do inventário das emissões de GEE variam consideravelmente de uma abordagem para a outra, o que conduziu à obtenção de resultados distintos.

A partir da análise da Tabela 16 e da Figura 14, conclui-se que a pegada de carbono obtida a partir de uma abordagem de controlo total foi de $2,0 \text{ kg CO}_2 \text{ eq m}^{-2}$ e que foi o consumo de energia elétrica, a atividade que teve uma contribuição maior para a pegada de carbono, representando 62,9% da pegada total, seguidamente foram as emissões diretas com uma percentagem de contribuição de 31,1%, e por fim as restantes emissões indiretas tiveram uma contribuição de 6,0% para a pegada de carbono total da empresa. As emissões gasosas a partir das FF da fábrica representam 27,5% da pegada de carbono total, o que também implica a adoção de medidas para reduzir as emissões atmosféricas. O CO_2 foi o gás que contribuiu mais, representado cerca de 90 % do total das emissões.

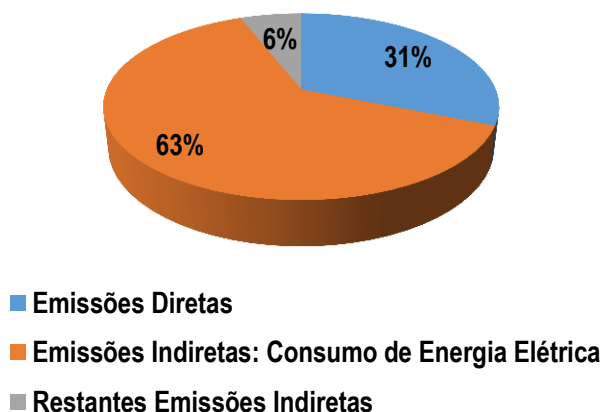


Figura 14 – Contribuição de cada tipo para a pegada de carbono segundo uma abordagem de controlo total.

Analisando a Tabela 22 e a Figura 15, verificou-se que a pegada de carbono obtida a partir de uma abordagem mais abrangente ao ciclo de vida do produto foi de $2,4 \text{ kg CO}_2 \text{ eq m}^{-2}$. Além das atividades que foram englobadas na abordagem de controlo total, foram consideradas mais atividades que se inserem nas restantes emissões indiretas, nomeadamente o transporte de matéria-prima, dos resíduos produzidos, tratamento dos efluentes líquidos, serviços de assistência periódica à empresa e deslocação dos colaboradores. Apurou-se uma vez mais que o consumo de eletricidade se manteve como sendo a atividade com maior contribuição para a pegada de carbono da empresa, representando 52,7% das emissões totais. Portanto a implementação de um plano de redução das emissões respeitantes a esta atividade continua a ser uma prioridade. As emissões associadas às emissões diretas corresponderam a 26,1% do total e os restantes 21,2% foram responsabilidade das restantes emissões indiretas, realçando-se uma aproximação entre estes dois tipos. Uma vez mais as emissões de GEE a partir das FF da fábrica

requerem especial atenção devido à percentagem de contribuição de 23,0% para pegada de carbono total. O transporte da matéria-prima foi a terceira atividade mais poluente com uma percentagem de contribuição de 12,2%, no entanto não é possível apresentar alternativas de otimização do transporte nem de utilização de veículos menos poluidores porque a IKEA já tem implementadas um conjunto de medidas com vista à otimização do transporte e à utilização de veículos com baixas emissões de GEE.

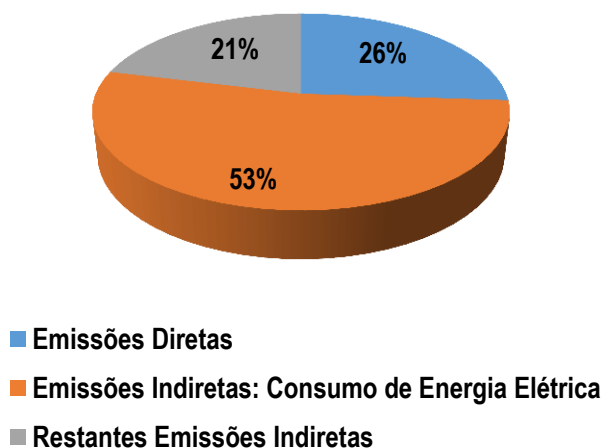


Figura 15 – Contribuição de cada tipo para a pegada de carbono segundo uma abordagem mais abrangente.

Todas as restantes atividades consideradas pelas duas metodologias representam uma percentagem de contribuição inferior a 5%, portanto caso fossem implementadas medidas no âmbito dessas atividades, o impacto na redução da pegada de carbono não justificaria o investimento.

Fazendo uma análise comparativa entre os resultados obtidos, verificou-se que o resultado obtido segundo a abordagem mais abrangente teve um incremento de 0,4 kg CO₂ eq m⁻² em relação à abordagem de controlo total, o que já era previsível dado que o inventário considerado englobou um número maior de atividades.

As atividades que são controladas pela empresa têm um peso maior na contribuição para a pegada de carbono, o que é positivo porque caso a empresa pretenda tomar medidas para reduzir a pegada de carbono, consegue fazê-lo com maior facilidade. Também foi constatado que a principal diferença encontrada entre as duas abordagens foi a variação de 15% das restantes emissões indiretas de uma abordagem para a outra, o que já era previsível visto que são poucas as atividades que se enquadram nas restantes emissões indiretas e que são controladas pela empresa.

Em comparação com o relatório de sustentabilidade da IKEA *Industry* global (IKEA, 2013d) referente ao ano de 2013 a pegada de carbono da empresa situa-se acima da média do valor apresentado pelo estudo de 1,6 kg CO₂ eq m⁻² de produto produzido pelas unidades *Flatline* do grupo IKEA *Industry*. A comparação de resultados entre estes estudos poderá, eventualmente não ser muito viável porque quando se calcula a pegada de carbono, os resultados dependem fortemente do inventário de GEE considerado. Como não existe informação disponível sobre as atividades consideradas na determinação da pegada de carbono

apresentada no relatório de sustentabilidade da IKEA *Industry* (IKEA, 2013d), a comparação entre estes dois estudos torna-se pouco relevante.

Em relação ao limite da pegada de carbono associada ao produto de $1,5 \text{ kg CO}_2 \text{ eq m}^{-2}$ imposto pela IKEA, concluiu-se que a pegada de carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira apresenta-se acima do limite estipulado, tendo sido 33% superior para a abordagem de controlo total e 53% mais elevado para a abordagem mais abrangente.

Não foi possível comparar o resultado final deste estudo com os resultados obtidos no relatório de sustentabilidade da IKEA (IKEA, 2013c) referentes à pegada de carbono do produto considerando todas as etapas do ciclo de vida desde a extração da matéria-prima até às atividades de fim de vida porque os resultados não são apresentados nas mesmas unidades. Os resultados do presente estudo são apresentados em $\text{kg CO}_2 \text{ eq m}^{-2}$ de produto produzido, enquanto no relatório de sustentabilidade a pegada de carbono é apresentada em $\text{kg CO}_2 \text{ eq m}^{-3}$.

Para que a comparação entre os resultados obtidos a partir da publicação feita pela APIMRU (APIMRU, 2011) seja possível, foi necessário determinar qual é a quantidade em m^2 de material presente em cada um dos produtos produzidos na fábrica, porque o resultado do referido estudo é apresentado por tipologia de produto produzido (Tabela 2). As peças foram medidas com o auxílio de uma fita métrica, tendo sido o critério de seleção dos produtos limitado às suas disponibilidades na sala de exposição da IKEA. Apesar de cada produto produzido ser constituído por uma grande quantidade de peças, a medição não foi feita peça à peça porque os produtos no expositor já se encontravam montados. Os valores obtidos são considerados apenas uma aproximação ao valor real.

Fazendo uma análise comparativa entre os estudos, conclui-se que a pegada de carbono obtida para os produtos produzidos pela IKEA é significativamente inferior. Com o intuito de possibilitar a comparação dos resultados, as fronteiras definidas para estes dois estudos têm que ser as mesmas, portanto procurou-se expandir as fronteiras B da abordagem mais abrangente ao ciclo de vida do produto para uma abordagem *cradle to gate*. Para que as fronteiras B pudessem ser consideradas uma abordagem ao ciclo de vida do produto do tipo *cradle to gate*, apenas foi necessário acrescentar a etapa da produção/extração da matéria-prima. Segundo o relatório de sustentabilidade da IKEA (IKEA, 2013c), numa abordagem *cradle to grave* a etapa de extração/produção da matéria-prima representa cerca de 47% da pegada de carbono total e a etapa da produção/transporte contribui cerca de 14% para a pegada de carbono total. Como as fronteiras B correspondem à etapa da produção/transporte, fazendo uma extrapolação foi possível a estimativa da pegada de carbono segundo uma ótica *cradle to gate*. Na Tabela 23 é feita a comparação entre a pegada de carbono de alguns produtos produzidos na IKEA *Industry* Paços de Ferreira com produtos equivalentes produzidos por outras indústrias.

Tabela 23 – Comparação entre a pegada de carbono de alguns produtos produzidos na IKEA *Industry* Paços de Ferreira com produtos equivalentes produzidos por outras indústrias.

Produto	Pegada de carbono segundo uma abordagem <i>cradle to gate</i> (kg CO ₂ eq)	Pegada de carbono segundo o estudo da APIMRU (kg CO ₂ eq) ^(a)
Secretária (<i>Micke</i>)	12,1	63,0
Mesa de reuniões (<i>Vika Amon Table</i> 200cm×60cm)	9,7	228,0
Mesa de reuniões (<i>Vika</i> 150cm×75cm)	9,1	63,0
Cama (<i>Birkeland</i>)	38,6	42,0
Estante (<i>Lack Bookcase</i>)	26,1	n.d ^(b)
Estante (<i>Expedit Bookcase</i>)	24,3	n.d ^(b)
Mesa (<i>Lack</i>)	16,3	n.d ^(b)
Mesa de apoio (<i>Lack 55</i>)	7,9	n.d ^(b)
Cómoda (<i>Birkeland chest 3</i>)	21,5	n.d ^(b)

^(a) (APIMRU,2011); ^(b) n.d – não definido no estudo.

Comparando os resultados obtidos para cada produto nos dois estudos, verificou-se que com a exceção da cama *Birkeland*, os produtos produzidos pela IKEA apresentam uma pegada de carbono muito inferior quando comparados com outros produtos similares produzidos por outras empresas ligadas à Indústria do mobiliário do Reino Unido, o que permite concluir que devido à simplicidade e às pequenas quantidades de matéria-prima gastas na conceção dos produtos, o mobiliário produzido pela IKEA é mais sustentável.

7. Medidas de Redução da Pegada de Carbono

Depois de ter sido determinada a pegada de carbono da empresa, o passo seguinte é estabelecer um plano redução das emissões. O estabelecimento de planos de redução da pegada de carbono pode ser muito importante para a empresa porque permite uma redução de custos e o aumento da capacidade competitiva caso a redução da pegada de carbono passe pelo aumento da eficiência dos processos produtivos. Num mercado ambientalmente cada vez mais consciente, onde o consumidor atribui cada vez mais relevância às questões ambientais, a implementação de medidas em prol da defesa do meio ambiente certamente irá aumentar o reconhecimento da marca.

A definição de um alvo para a redução das emissões é logicamente o primeiro passo. O critério de seleção do alvo para reduzir a pegada de carbono foi considerar as atividades que mais contribuem para a pegada de carbono e que são detidas ou controladas pela empresa. Assim, as atividades que foram selecionadas para serem alvo de intervenção foram o consumo elétrico e a emissão de GEE a partir das FF. Relativamente à produção de energia elétrica foram consideradas duas opções, a implementação de painéis fotovoltaicos e a substituição da atual caldeira por uma com a capacidade de aquecer a água e simultaneamente de produzir energia (cogeração). A partir da aplicação da ferramenta de decisão ambiental análise do custo-eficácia, foi feita uma análise comparativa entre as duas alternativas. Como a zona onde se localiza a fábrica é muito ventosa, foi também posta a hipótese da implementação de aerogeradores, só que acabou por ser abandonada porque na zona onde seria aconselhável a instalação dos aerogeradores existem radares militares e a colocação destes poderia causar interferências.

Para reduzir as emissões de GEE foi equacionada a possibilidade de aplicar um sistema de redução das emissões de CO₂ (responsável por 90% das emissões) para atmosfera a partir de sistemas de separação do CO₂ dos restantes gases e posterior armazenamento, mas devido à falta de espaço para armazenamento temporário do gás e às dificuldades no seu transporte para os locais de armazenamento geológico apropriados, esta medida demonstrou ser inviável, acabando por ser posta de parte.

No âmbito da melhoria da eficiência energética, a atividade considerada foi a substituição das lâmpadas existentes em toda a fábrica por lâmpadas *Light Emitting Diode* (LED). Atualmente, todas as lâmpadas possuem a tecnologia T5, portanto a substituição destas lâmpadas por LED não iria provocar uma redução do consumo maior do que 10 a 15%. Não foi possível quantificar os efeitos desta medida na pegada de carbono total porque seria necessário proceder ao levantamento das lâmpadas existentes nas instalações e à determinação da percentagem do total de energia consumida que é destinada à iluminação, o que não foi possível dentro dos prazos definidos para a realização desta dissertação.

7.1 Substituição da Caldeira Atual por uma Unidade de Cogeração

A cogeração significa a produção de energia elétrica e térmica em simultâneo mediante a queima de um combustível, seja ele de origem fóssil ou de natureza renovável, como é o caso da biomassa. É neste momento considerada a solução técnica disponível no mercado para produzir energia elétrica com melhor

eficiência (na ordem dos 85%). O aumento da eficiência resulta, apenas, do facto de se associar ao processo de cogeração um consumidor que possa aproveitar a energia térmica proveniente da combustão que não é transformada em eletricidade. A conversão de energia primária do combustível, em energia final é feita de uma forma muito mais eficiente quando o objetivo é única e exclusivamente a produção de energia térmica (rendimento de 90%) do que no caso em que o objetivo é a produção de energia elétrica. Neste último caso as perdas de calor para a fonte fria (atmosfera) em centrais termoelétricas, nunca é inferior a 45-47,5%. O rendimento médio do parque electroprodutor (térmico) nacional ronda os 40%, o que significa que 60% da energia contida no combustível é desperdiçada (Cogen, 2009). Face ao exposto, facilmente se conclui que nos casos em que o consumidor necessita de energia térmica e elétrica em simultâneo (é o caso da IKEA), a opção da instalação de uma central de cogeração em detrimento da compra de energia elétrica à rede pública é uma mais-valia em termos ambientais (Cogen, 2009), agora resta saber se é viável em termos económicos.

Aliada à mais valia em termos ambientais, a IKEA tem a vantagem de possuir uma elevada quantidade de biomassa que resulta dos desperdícios ao longo do processo produtivo que em vez de ser vendida para outras empresas que possivelmente a vão empregar para esse fim, pode ser utilizada pela própria empresa como combustível, o que representa uma mais valia em termos económicos.

Atualmente, a IKEA dispõe de duas caldeiras para o aquecimento de água que abastece todo o *site*, uma com capacidade instalada de 4,6 MW que é utilizada regularmente e a outra com uma potência de 2,3 MW que é apenas utilizada aos fins de semana quando a caldeira principal está parada para manutenção. Como as máquinas necessitam de água quente a uma temperatura média de 70 °C para os seus corretos funcionamentos, a temperatura média de saída da água da caldeira é de 90 °C e retorna à caldeira a uma temperatura média de 70°C. O caudal de água necessário para alimentar todo o *site* apresenta um valor médio de 150 m³ h⁻¹.

7.1.1 Dimensionamento da Caldeira

Com a disponibilização dos dados técnicos sobre as caldeiras de cogeração existentes no mercado pela Cogen (Cogen, 2011), procedeu-se ao dimensionamento da caldeira de acordo com as necessidades de energia elétrica e térmica da fábrica. É sabido que o consumo elétrico da IKEA *Industry* Paços de Ferreira no ano de 2013 foi de 4,97×10⁷ kWh, ou seja 6,3 MW, portanto a caldeira terá que ter capacidade para produzir no mínimo este valor. A partir da análise do balanço energético da caldeira que se encontra na Figura 15, foi determinada a quantidade de combustível que seria necessária para produzir a energia elétrica pretendida e qual seria o calor produzido.

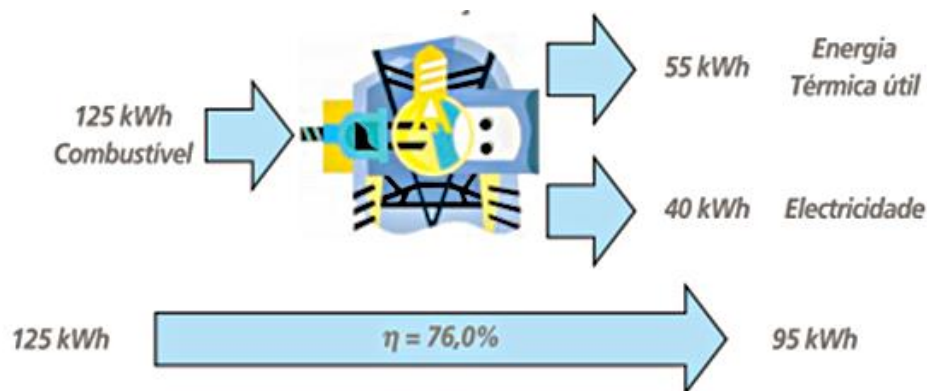


Figura 16 – Balanço energética de uma caldeira com cogeração (Cogen, 2011).

Considerando um rendimento do processo de 76,0% e a produção de 55 kWh de energia térmica e de 40 kWh de eletricidade por cada 125 kWh de combustível consumido, inferiu-se que para produzir a energia elétrica pretendida, seriam necessários $1,55 \times 10^5$ kWh (20,0 MW) de combustível, o que considerando um valor de 4,7 kWh por kg de combustível consumido para o poder calorífico inferior do serrim (utilizado como combustível), representa um consumo anual de $3,3 \times 10^4$ t de serrim. A energia térmica produzida seria de 8,7 MW.

Para saber a energia térmica necessária ao longo do ano de 2013 para aquecer os $150 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de água a uma temperatura de 90°C procedeu-se aos cálculos através da Equação 18.

$$Q = m \times cp \times \Delta T \quad (18)$$

Em que, Q representa a quantidade de calor necessário (kJ), m representa a massa de água (kg), cp representa o calor específico para a água ($\text{kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) e ΔT representa a variação da temperatura (K).

Considerando o caudal mássico de $1,5 \times 10^5 \text{ kg m}^{-3}$, calor específico para a água a 70°C de $4,191 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e uma variação da temperatura de 20 K, foi obtido o valor de 3,5 MW de energia térmica necessária. Em suma, para satisfazer as necessidades de eletricidade da IKEA Industry Paços de Ferreira, apenas seriam aproveitados 3,5 MW dos 8,7 MW produzidos, o que significa um aproveitamento de apenas 40% da energia térmica produzida.

7.1.2 Análise da Viabilidade da Alternativa

O preço médio de compra da energia elétrica à Endesa no ano de 2013 foi $0,08 \text{ € kWh}^{-1}$, o que significa que foram gastos cerca de 4 milhões de euros em eletricidade no ano de 2013. Tendo em conta que no ano de 2013 foram vendidas $1,7 \times 10^4$ t de serrim a cerca de 35 euros a tonelada, foram faturados $6,1 \times 10^5$ euros, rendimento que deixaria de existir com a implementação desta alternativa. Como são necessárias $3,3 \times 10^4$ t de serrim para alimentar a caldeira, teriam que ser adquiridas cerca de $1,1 \times 10^4$ t de serrim (as

5,0×10³ t de serrim usado como combustível na caldeira no ano de 2013 foram consideradas no cálculo). Considerando o preço de compra igual ao de venda, o custo seria de 3,7×10⁵ € ano⁻¹.

De acordo com um artigo publicado pela EPA (EPA, 2007), o custo de investimento inicial de uma caldeira de cogeração com a capacidade de consumo de combustível de 100 t dia⁻¹ situa-se na ordem dos 1,0×10⁷ €. Se a este custo se acrescentar os encargos com a compra de 1,1×10⁴ t de serrim e as 1,8×10⁵ t de serrim que antes eram vendidas a uma média de 35 € t⁻¹ e que agora deixarão de o ser, o custo total desta alternativa ao fim de x anos é representado pela Equação 19.

$$\text{Custo total}_x = \text{custo investimento} + (\text{custo serrim} + \text{receitas venda serrim}) \times x \quad (19)$$

Em que, custo total_x representa o custo total ao fim de x anos (€), custo investimento representa o custo com a aquisição da caldeira (€), custo serrim representa o custo anual com a compra de serrim (€), receitas venda de serrim representa o serrim que seria vendido (€) e x representa o número de anos.

O tempo decorrido até que exista retorno financeiro foi calculado a partir da Equação 20. A partir do ano em que o retorno financeiro é igual ou inferior a um, começam a acumular-se lucros com a instalação da caldeira com cogeração.

$$\text{Retorno financeiro} = \frac{\text{custo total}_x}{\text{fatura elétrica} \times x} \quad (20)$$

Em que, Retorno financeiro representa o período ao fim do qual o investimento feito fica pago (anos), custo total_x representa o custo total ao fim de x anos (€), fatura elétrica representa o custo com a compra de eletricidade durante o ano de 2013 (€) e x representa número de anos (anos).

Fazendo os cálculos através da aplicação da Equação 20, concluiu-se que ao fim de aproximadamente 3 anos e 6 meses, o investimento feito fica liquidado. Para implementação desta solução, teria que ser efetuada uma estimativa a longo prazo dos consumos energéticos da fábrica e da produção de serrim.

A pegada de carbono associada à produção de energia a partir desta alternativa foi calculada a partir da extrapolação dos resultados obtidos aquando da determinação da pegada de carbono associada às emissões da caldeira. A partir da Equação 4 foram obtidas as emissões de CO₂ resultantes da combustão das 3,3×10⁴ t de serrim, registando-se o valor de 1,7×10⁶ kg CO_{2 eq}. As emissões para os restantes GEE (CO, NOx, SO₂ e COVNM) foram extrapoladas a partir dos resultados obtidos da monitorização da FF associada à caldeira (FF1), tendo-se obtido para o CO 5,9×10⁵ kg CO_{2 eq}, NOx 1,7×10⁶ kg CO_{2 eq}, COVNM 8,4×10⁴ kg CO_{2 eq}. No que diz respeito à redução da pegada de carbono da empresa com a implementação desta alternativa, verificou-se uma redução de 70,4% da pegada de carbono associada ao consumo elétrico, o que se repercutiu numa redução da pegada de carbono total de 44,3% para 1,12

kg CO₂ eq m⁻² para a abordagem de controlo total, e de uma redução de 37,0% para 1,51 kg CO₂ eq m⁻² para a abordagem mais abrangente.

7.2 Implementação de Painéis Fotovoltaicos

No plano de sustentabilidade para 2020 (IKEA, 2014), a IKEA definiu como prioritário tornar-se neutra nas emissões de CO₂ nas suas operações, incluindo o combustível para os veículos. É neste seguimento que o aproveitamento da energia solar a partir da conversão em energia elétrica por intermédio dos painéis solares poderá ser preponderante no cumprimento das metas estabelecidas pela empresa. Uma vez que a energia obtida por intermédio deste processo apresenta como vantagens a fiabilidade elevada, custos de operação e manutenção reduzidos e a produção de energia 100% renovável, poderá apresentar-se como uma solução credível para a redução da pegada de carbono. No entanto, é imperativo fazer um estudo de viabilidade económica, porque apesar das vantagens referidas anteriormente, este tipo de solução implica um elevado custo de investimento e rendimentos relativamente baixos na conversão de energia.

Devido à dimensão da empresa, a disponibilidade de espaço para a instalação de painéis fotovoltaicos nas coberturas das instalações da IKEA é elevada, sendo a área coberta da empresa aproximadamente igual a 180000 m², dos quais 150000 m² são apropriados para a instalação de painéis fotovoltaicos.

O dimensionamento dos painéis solares foi feito com a ajuda da empresa *Engisun*, que se prontificou a disponibilizar ferramentas de cálculo apropriadas, mais especificamente o programa *RETScreen 4* (RETScreen 4, 2014). O projeto foi dimensionado para produzir 4,97×10⁷ kWh, o equivalente à fatura energética no ano de 2013 da empresa, desta forma 100% da energia consumida da empresa seria proveniente de fontes renováveis. Não foi considerada a instalação de baterias para armazenar a energia produzida em excesso durante o dia, tendo-se optado pela instalação de um inversor que transforma a corrente contínua em corrente alternada e permite a modalidade de venda direta à rede pública da energia elétrica produzida em excesso durante as horas de sol, e posterior compra ao mesmo preço de venda para satisfazer as necessidades energéticas da fábrica durante o período noturno. O sistema foi propositadamente sobredimensionado para que durante o dia pudesse produzir eletricidade suficiente para atender às necessidades energéticas durante o horário noturno.

Como o programa não tinha dados sobre a exposição solar exata do local onde se encontra instalada a empresa, foi considerada a exposição solar do local mais próximo que constava no programa, o Porto. Foram escolhidos os painéis solares da marca *Yingli Solar*, modelo *poly-Si - YL280P-35b* que apresentam uma eficiência de 14,4%. Para produzir a energia elétrica pretendida, são necessários 125000 módulos fotovoltaicos, o que representa um investimento na ordem dos 1,1×10⁸ €. Seriam também necessários cerca de 240000 m² para instalar os painéis solares, o que excede em 90000 m² a área disponível na cobertura da fábrica para a instalação dos painéis fotovoltaicos, portanto teria que considerar um local no solo apropriado para a instalação do equipamento que não fosse possível colocar na cobertura.

Tendo em consideração o custo médio de aquisição do kWh de 0,08 €, a partir da aplicação da Equação 20, concluiu-se que o retorno financeiro apenas seria atingido ao fim de 27 anos. Assumindo um preço fixo da energia elétrica ao longo destes anos, a partir dessa data, a empresa teria lucros com a venda de eletricidade à rede pública na ordem dos $4,0 \times 10^6$ € ano⁻¹.

Caso esta alternativa fosse implementada, deixaria de existir pegada de carbono associada ao consumo de energia elétrica, o que representaria uma redução da pegada de carbono total de 63% (de 2,0 kg CO_{2 eq} m⁻² para 0,75 kg CO_{2 eq} m⁻²) para a abordagem de controlo total e de 53% (de 2,40 kg CO_{2 eq} m⁻² para 1,13 kg CO_{2 eq} m⁻²) para a abordagem mais abrangente.

7.3 Comparação das Alternativas

Para decidir qual é a melhor alternativa foram comparados dois parâmetros: i) viabilidade económica através de uma análise de custo-eficácia e dos períodos de retorno financeiro; e ii) percentagem de redução efetiva da pegada de carbono.

A partir da análise da Tabela 24, concluiu-se que a cogeração é a solução que apresenta melhor viabilidade em termos económicos porque além de ter um retorno financeiro num prazo muito mais reduzido também apresenta uma relação custo-eficácia muito mais baixa quando comparada com a alternativa dos painéis solares. Em termos ambientais, verifica-se o contrário porque apesar de a instalação de painéis solares representar um custo cerca de dez vezes superior ao da cogeração, a redução da pegada de carbono é 33% superior para a abordagem de controlo total e de 25% para a abordagem mais abrangente.

Tabela 24 – Análise custo-eficácia das alternativas

Alternativa	Abordagem	Custo ^(a) (€)	Redução da pegada de carbono (kg CO _{2 eq} m ⁻²)	Pegada de carbono (kg CO _{2 eq} m ⁻²)	Retorno financeiro (anos)	Custo-eficácia (€ (kg CO _{2 eq} m ⁻²) ⁻¹)
Cogeração	Abordagem controlo	1,04×10 ⁷	0,89	1,12	4	1,17×10 ⁷
	total					
	Abordagem mais			1,51		
	abrangente					
Painéis solares	Abordagem controlo	1,05×10 ⁸	1,27	0,75	27	8,27×10 ⁷
	total					
	Abordagem mais			1,13		
	abrangente					

^(a) Custo ao fim de 1 ano.

8. Conclusões e Trabalho Futuro

A pegada de carbono da IKEA *Industry* Paços de Ferreira calculada a partir da abordagem de controlo total foi de 2,0 kg CO₂ eq m⁻² e considerando uma abordagem mais abrangente ao ciclo de vida do produto foi de 2,4 kg CO₂ eq m⁻².

A atividade que tem maior contribuição para a pegada de carbono da empresa é o consumo de eletricidade, representando cerca de 63% da pegada de carbono para a abordagem de controlo total e 53% para a abordagem mais abrangente. Seguem-se as emissões de GEE através das FF que são responsáveis por 27,5% da pegada de carbono para o caso da abordagem mais abrangente e 23,0% para a abordagem de controlo total, e por fim o transporte de matéria-prima para a fábrica que só foi considerado na abordagem mais abrangente, sendo responsável por 12,2% da pegada de carbono. Em ambas as abordagens, as emissões associadas ao consumo de energia elétrica foram as que tiveram uma contribuição maior, seguidas das emissões diretas e das restantes emissões indiretas.

Os resultados obtidos para a pegada de carbono encontram-se acima do valor limite de 1,5 kg CO₂ eq m⁻² estabelecido pela IKEA e do valor médio de todas as fábricas que constituem o grupo IKEA *Industry* de 1,6 kg CO₂ eq m⁻², o que implica a necessidade de intervenções urgentes com o intuito de reduzir a pegada de carbono. Ainda assim, em termos comparativos com a pegada de carbono de outras indústrias do mesmo setor, apurou-se que este valor é bastante inferior.

No futuro, a redução da pegada de carbono, deverá passar pela redução do consumo energético da fábrica e/ou implementação de fontes de energia renováveis. Foram propostas duas alternativas para a redução da pegada de carbono: i) a implementação de uma caldeira com cogeração; e ii) a instalação de painéis solares fotovoltaicos, tendo-se concluído que a opção da cogeração é a que apresenta melhor viabilidade económica, porque apresenta um período de retorno financeiro de 4 anos e uma relação custo-eficácia de $1,17 \times 10^7$ € (kg CO₂ eq m⁻²)⁻¹, ao passo que os painéis fotovoltaicos têm um período de retorno financeiro de 27 anos e uma relação custo-eficácia de $8,27 \times 10^7$ € (kg CO₂ eq m⁻²)⁻¹. Contudo, a implementação de uma caldeira com cogeração apenas permitiria a redução de 0,89 kg CO₂ eq m⁻² da pegada de carbono enquanto a opção dos painéis solares fotovoltaicos permitiria a redução da pegada de carbono em 1,27 kg CO₂ eq m⁻². Com estas alternativas, a pegada de carbono da IKEA *Industry* de Paços de Ferreira seria, relativamente às opções da cogeração e dos painéis fotovoltaicos, respetivamente reduzida para valores que se situariam dentro do limite traçado pela IKEA, 1,12 kg CO₂ eq m⁻² e 0,75 kg CO₂ eq m⁻², para a abordagem de controlo total e de 1,51 kg CO₂ eq m⁻² e 1,13 kg CO₂ eq m⁻² considerando a abordagem mais abrangente.

A etapa mais importante do cálculo da pegada de carbono foi o passo de definição das fronteiras do estudo e de seleção das atividades a englobar em estudos deste tipo, pois a inclusão de apenas uma atividade poderá provocar uma variação significativa da pegada de carbono. Neste seguimento, para que a comparação de resultados obtidos a partir de diferentes estudos seja viável, é imperativo assegurar que as atividades consideradas na determinação das pegadas de carbono em cada um dos estudos em

análise sejam as mesmas. Esta foi uma das dificuldades encontradas aquando da comparação dos resultados obtidos com outras publicações feitas na área, inclusive os estudos publicados pela IKEA. A ausência de informação detalhada sobre as atividades e pressupostos considerados nos estudos referenciados levou a que a comparação fosse feita com alguma precaução.

Os principais obstáculos encontrados ao longo do estudo prenderam-se com a definição das fronteiras, seleção das atividades e respetiva inclusão nos tipos de emissão mais apropriados (emissões diretas e indiretas) e a recolha de dados para o inventário das emissões. A definição de fronteiras, seleção das atividades e respetiva inclusão nos tipos de emissão mais apropriados foram um passo limitante porque foi necessário fazer uma análise exaustiva e profunda do funcionamento da empresa para determinar quais as atividades que seriam mais importantes para o estudo e se seriam ou não controladas pela empresa. Como a fábrica tem uma grande dimensão e uma enorme capacidade de produção, foi sentida alguma dificuldade na recolha e tratamento dos dados relativos a cada uma das atividades em tempo útil, nomeadamente na deslocação dos colaboradores para o trabalho, transporte de matéria-prima para fábrica e no transporte dos resíduos produzidos.

No futuro seria importante proceder a um estudo mais exaustivo, pormenorizado e completo da pegada de carbono da IKEA Industry Paços de Ferreira, nomeadamente a expansão das fronteiras para uma abordagem *cradle to gate*, onde deveriam ser contabilizadas todas as matérias-primas utilizadas pela fábrica, incluindo a produção e o respetivo transporte. No âmbito das propostas para a melhoria da pegada de carbono da fábrica, e como esta é a que apresenta o maior consumo energético de todas as fábricas do grupo, seria extremamente importante fazer um estudo com vista a identificar possíveis medidas para a melhoria da eficiência energética, nomeadamente a substituição das atuais lâmpadas por outras com tecnologia LED e a otimização das máquinas. Como a IKEA vende lâmpadas LED, o custo de investimento seria mais baixo do que caso tivesse que as comprar. Seria também importante fazer um estudo profundo da viabilidade das alternativas para a produção de energia a partir das fontes renováveis que foram apresentadas neste estudo.

Referências

- ACAP, 2011. Estatísticas do Sector Automóvel. Associação Automóvel de Portugal. Lisboa.
- Airport Distance Calculator, 2014. <http://www.airportdistance.com/>. Acedido em Maio de 2014.
- APA, 2013. Relatório do Estado do Ambiente de 2013. Agência Portuguesa do Ambiente. Lisboa. Portugal.
- APA, 2014a. Agência Portuguesa do Ambiente. <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81>. Acedido em Março de 2014.
- APA, 2014b. Agência Portuguesa do Ambiente. <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=15>. Acedido em Março de 2014.
- APIMRU, 2011. Benchmarking Carbon Footprints of Furniture Products. Furniture Industrial Research Association.
- BSI, 2011. The Guide to PAS2050:2011 How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain. Bristish Standard Institute. United Kingdom.
- Carneiro N, 2011. Ambiente, Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho. IKEA Industry Paços de Ferreira.
- Carvalho J, Gomes P, Lopes M, Martins H, Silva J, Teixeira P, 2011. Custos e Benefícios, à escala local, de uma Ocupação Dispersa. Universidade de Aveiro.
- Cogen, 2009. Manual de Apoio ao Cogrador. Associação Portuguesa para a Eficiência energética e Promoção da Cogeração.
- Cogen, 2011. Cogeração. Associação Portuguesa para a Eficiência energética e Promoção da Cogeração.
- Decreto-Lei N.º 73/2011, Diário da República, 1.ª série — N.º 116 — 17 de Junho de 2011. http://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Resíduos/DL_73_2011_DQR.pdf. Acedido em Maio de 2014.
- DEFRA, 2013. Environmental Reporting Guidelines: Including mandatory greenhouse gas emissions reporting guidance. Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- DEFRA, 2014. Greenhouse Gas Conversion Factor Repository. Version 1.0. 2013. <http://www.ukconversionfactorscarbonsmart.co.uk/>. Acedido em Março de 2014.
- Despacho nº 1713/2008. Ministério da Economia e da Inovação. Direção-geral de Energia e Geologia. Publicado no Diário da República, 2ª série-Nº 122 – 26 de Junho de 2008.

EC, 2013. Anexo III: Organisation Environmental Footprint (OEF) Guide. Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Official Journal of the European Union L 124: 107-210.

EMEP/EEA, 2009. Air pollutant emission inventory guidebook 2009. Technical guidance to prepare national emission inventories: 1.A.3.b (Road transport). EEA Technical report No 9/2009. ISSN 1725-2237.

EPA, 2007. Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies. U. S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership.

EPA, 2012. United States Environmental Protection Agency. Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from the Iron and Steel Industry.

EPA, 2014. United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov>. Acedido em Março de 2014.

FINSA, 2010. Environmental Product Declaration. Financiera Maderera SA, pp.6-14. Espanha.

Garcia R, Freire F, 2013. Carbon footprint of particleboard: a comparison between ISO/TS14067, GHG Protocol, PAS 2050 and Climate Declaration. Department of Mechanical Engineering, University of Coimbra. Coimbra. Portugal.

GHG, 2005. Calculating HFC and PFC Emissions from the Manufacturing, Installation, Operation and Disposal of Refrigeration & Air-conditioning Equipment. Version 1.0. Greenhouse Gas Protocol. 2005. <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/refrigeration>. Acedido em Março de 2014.

GHG, 2014 Greenhouse Gas Protocol Management Institute. <http://ghginstitute.org/2010/06/15/what-are-greenhouse-gases/>. Acedido em Março de 2014.

Glunz, 2013. Environmental Product Declaration. Glunz. pp. 25-27. Alemanha.

Google Maps, 2014. <https://maps.google.se/>. Acedido em Maio de 2014.

IKEA, 2007. Licença Ambiental da IKEA Industry Paços de Ferreira. Agência Portuguesa do Ambiente. Lisboa. Portugal

IKEA, 2008. Norma IKEA IWAY. IKEA. Suécia.

IKEA, 2013a. Sustainability Report FY13, 2013. IKEA. Suécia.

IKEA, 2013b. Yearly Summary FY13. IKEA. Suécia

IKEA, 2013c. Relatório Anual de Ambiente 2013. Departamento de Ambiente. IKEA *Industry* Paços de Ferreira. Portugal.

IKEA, 2013d. Sustainable IKEA *Industry* Annual Report 2013. IKEA. Suécia.

IKEA, 2014. Sustainable IKEA *Industry* Goals Summary 2020. IKEA. Suécia.

IPAM, 2014. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. <http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/O-que-e-o-Protocolo-de-Quito-/20/10>. Acedido em Março de 2014.

IPCC, 1995. IPCC Second Assessment Climate Change 1995. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. New York. United States of America.

ISO 14040:2008. Gestão ambiental. Avaliação do ciclo de vida. Princípios e enquadramentos (ISO 14040:2006). NP EN ISO.

Johnke B, 2000. Emissions from Waste Incineration; in IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 455-468.

Kalmar, 2014. Página oficial da marca. <http://www.kalmarind-northamerica.com/>. Acedido em Maio de 2014.

Kim M, Song H, 2012. Analysis of the global warming potential for wood waste recycling systems. Department of Chemical and Biological Engineering, University of Colorado, Boulder, CO 80309. United States of America.

MacCarty N, Ogle D, Still D, Bond T, Roden C, Willson B, 2007. Laboratory Comparison of the Global Warming Potential of Six Categories of Biomass Cooking Stoves. Aprovecho Research Center.

Martins A, 2012. Avaliação do Sistema de Gestão de Resíduos da Swedwood Portugal. Tese de mestrado realizada na Swedwood Portugal. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.

Matthews H, Hendrickson C, Weber C, 2008. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. Carnegie Mellon University. Environ Sci Technol 42: 5839-5842.

Mebratu D, 1998. Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review. International Institute for Industrial Environmental Economics. Lund University. New York.

Metz B, Davidson O, Bosch P, Dave R; Meyer L, 2007. Climate Change 2007 Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

NCASI, 2005. Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emission from Wood Product Facilities. A Project of the Climate Change Working Group of the International Council of Forest and Paper Associations. National Council for Air and Stream Improvement. United States of America.

Pereira M, 2013. Novo Regime das Emissões Industriais – obrigações em matéria de prevenção da contaminação do solo e das águas subterrâneas. Indústria e Ambiente. 81 pp 31.

Portaria nº 228/1990, de 27 de Março. Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes. Capítulo IV – Coeficientes de redução a toneladas de equivalente petróleo.

Ranganathan J, Corbier L, Bhatia P, Schmitz S, Gage P, Oren K., 2014. Protocolo de Gases com Efeito de Estufa. Normas Corporativas de Transparência e Contabilização. BCSD Portugal Protocolo de Gases com Efeito de Estufa. Edição revista, LiderGraf, SA.

RETScreen 4, 2014. Natural Resources Canada. <http://www.retscreen.net/pt/home.php>. Acedido em Junho de 2014.

Santos F, 2012. Alterações Globais. Os desafios e os riscos presentes e futuros. Edição livro, Fundação Francisco Manuel dos Santos, 1ª edição. 1 pp 21-26.

Santos S, Dias R, 2008. Sustentabilidade, Competitividade e Equidade Ambiental e Social. Edição livro, Almedina.

Stocker T, Qin D, Plattner G, Tignor M, Allen S, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley, 2013. Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Swedwood, 2014. IKEA Industry – the new name of the industrial operations. <http://www.swedwood.com>. Acedido em Março de 2014.

Toyota, 2014a. Toyota Caetano Portugal, S.A. Página oficial da marca. <http://www.toyota-forklifts.com.pt/Pt/Products/powered-stackers/Pages/Default.aspx>. Acedido em Maio de 2014.

Toyota, 2014b. Catálogo online do carro Toyota Prius híbrido. Página oficial da Toyota Portugal. http://www.toyota.pt/Images/catalogo-priusplugin-2014_tcm270-1284796.pdf. Acedido em Maio de 2014.

UNFCCC, 2014. United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto Protocol. http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php. Acedido em Março de 2014.

Volkswagen, 2013. Catálogo online do carro Volkswagen golf. Página oficial da Volkswagen Portugal. http://www.volkswagen.pt/content/medialib/vwd4/pt/CatalogosDez13/dados_t-cnicos_golfnovembro2013-pdf/_jcr_content/renditions/rendition.file/dados_t-cnicos_golf_novembro_2013.pdf. Acedido em Maio de 2014.

Weart S, 2013. The Discovery of Global Warming. American Institute of Physics. Melville. New York.

Wiedmann T, Minx, J, 2007. A Definition of 'Carbon Footprint'. ISA^{UK} Research Report 07-01.

Anexos

Anexo A – Caracterização do Aglomerado, MDF e HDF

O aglomerado de partículas de madeira é obtido a partir da adição de resinas sintéticas (de ureia-formaldeído, fenol-formaldeído ou melamina-formaldeído que tem como função unir as partículas de madeira, num processo de prensagem a alta temperatura. Normalmente a matéria prima utilizada na sua produção provém de subprodutos de madeira da indústria de serração (costaneiros, estilha e serrim) e madeira reciclada. As placas de aglomerado podem ser revestidas com papel decorativo impregnado com melanina recorrendo a tecnologias simples (Silva *et al.*, 2014).

O MDF é produzido pela desfibração da madeira fragmentada que, sob elevadas pressões e temperaturas, as fibras são ligadas através de colas à base de resinas sintéticas de ureia-formaldeído, originando um novo material compacto. O painel de MDF tem um formato de painel compacto com superfície lisa em ambos os lados e estabilidade estrutural devido à disposição aleatória das fibras. Caracteriza-se por ser muito mais denso e resistente do que o aglomerado. A obtenção das fibras de madeira é mais exigente em termos de matéria-prima, obrigando a uma prévia seleção desta. A matéria-prima utilizada na produção de MDF provém essencialmente de subprodutos da indústria de serração (costaneiros e estilha). Quando comparado com o processo de produção do aglomerado, o processo dá-se sobre condições de pressão e temperatura mais elevadas (Silva *et al.*, 2014).

O processo de fabrico do HDF é muito semelhante ao do MDF, no entanto o HDF apenas é produzido em espessuras finas (até 6 mm) enquanto o MDF é produzido numa gama maior de espessuras (2,5 mm a 30 mm). O HDF é produzido com fibras de madeira aglutinadas pelo processo de alta temperatura e pressão durante um maior período de tempo. Ao contrário dos outros painéis de fibra, este painel de fibra dura não contém resina sintética, pois é o agente aglutinante natural da própria madeira, a lignina, que promove a agregação das fibras. Como o processo de fabrico HDF ocorre a pressões mais elevadas e com ciclos de prensagem mais longos, a sua massa volúmica é superior à do MDF (Silva *et al.*, 2014). Segundo a informação disponibilizada pela SONAE, a massa volúmica do HDF situa-se entre os 1000 e os 1200 kg m⁻³ a do MDF ronda os 850 kg m⁻³ (Tafipan, 2009; Valbonite, 2013).

Anexo B – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020

Tabela B1 – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020 ^(a) (IKEA, 2014).

Categoria	Sub-Categoria	Objetivos
Melhoria das condições de vida para as pessoas e comunidades	Colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> • De acordo com a curva de <i>Bradley</i>, a cultura de segurança deverá atingir os 95% em todas as fábricas. • A sustentabilidade tem que fazer naturalmente parte do dia-a-dia de trabalho.
	Fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os fornecedores deverão cumprir a norma <i>IWAY</i>.
	Comunidade envolvente	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os <i>sites</i> deverão ser vistos pela comunidade como uma “boa vizinhança”.
Recursos e Independência Energética	Madeira e Floresta	<ul style="list-style-type: none"> • 100% das cinzas limpas serão recicladas na floresta. • 100% da madeira será proveniente de florestas com certificação de gestão sustentável. • Práticas florestais serão desenvolvidas para sustentar os valores da biodiversidade nos contratos de arrendamento.
		<ul style="list-style-type: none"> • A produção de aglomerado irá conter pelo menos 30% de madeira reciclada. • Outras fibras renováveis ou recicladas já terão sido testadas. • Produzir um produto 100% reciclado, fácil de desmontar e de reciclar será possível.
	Fazer mais com menos	<ul style="list-style-type: none"> • Ter contribuído para o desenvolvimento de padrões de materiais, o que melhorará o rendimento da matériaprima em 10%.

^(a) Na IKEA o ano fiscal tem início no primeiro dia de Setembro e termina no último dia de Agosto do ano seguinte.

Tabela B1 (cont) – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020 ^(a) (IKEA, 2014).

Categoria	Sub-Categoria	Objetivos
Recursos e Independência Energética	Químicos	<ul style="list-style-type: none"> • 50% dos aglutinantes usados nos revestimentos das superfícies serão feitos a partir de materiais renováveis. • O uso direto de químicos será 20% mais baixo relativamente ao AF14. • Uma grande quantidade de testes de alternativa ao uso de resinas com formaldeído serão testados.
	Água	<ul style="list-style-type: none"> • O plano e as técnicas usadas para os <i>sites</i> se tornarem “<i>water neutral</i>” e “<i>water positive</i>” terão que ser comunicadas a todo o grupo IKEA. • 20 <i>sites</i> terão rede de recolha de água da chuva para a reutilizar e serão considerados <i>water positive</i>.
	Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os <i>sites</i> terão uma percentagem de reciclagem de pelo menos 90 % e 0% dos resíduos terão com destino final o aterro. • O volume de resíduos terá sido reduzido em 20% em relação ao AF14. • Novas soluções para a economia circular de pelo menos cinco materiais terão sido encontradas.
	Independência Energética e Eficiência – Tornar-se CO ₂ neutro	<ul style="list-style-type: none"> • Ter um sistema de gestão de energia implementado em todos os <i>sites</i>. • Comprar, produzir e fornecer energia renovável em igual quantidade à que é consumida. • A eficiência energética dos <i>sites</i> que produzem mobiliário será 30% maior em comparação com o AF10. • Redução de 20% das emissões de carbono em relação ao AF10.

^(a) Na IKEA o ano fiscal tem início no primeiro dia de Setembro e termina no último dia de Agosto do ano seguinte.

Tabela B1 (cont) – Objetivos definidos para o ano fiscal de 2020 ^(a) (IKEA, 2014).

Categoria	Sub-Categoria	Objetivos
Recursos e Independência Energética	Independência Energética e Eficiência – Tornar-se CO ₂ neutro	<ul style="list-style-type: none"> Os <i>sites</i> que produzem mobiliário terão que reduzir 40% o consumo energético em relação ao AF10. Tornar-se “carbono neutro” nas suas operações, incluindo o combustível para os veículos.
	Logística Inteligente	Cada <i>site</i> deverá ter um programa de ação implementado para a redução das emissões de CO ₂ .
Uma vida mais sustentável em casa	Educação Sobre Sustentabilidade	Programas de educação ambiental deverão estar planeados para toda a organização.

^(a) Na IKEA o ano fiscal tem início no primeiro dia de Setembro e termina no último dia de Agosto do ano seguinte.

Anexo C – Monitorização das Emissões Gasosas das Fontes Fixas

Tabela C1 – Exemplo da Tabela utilizada na monitorização das emissões gasosas das fontes fixas no ano de 2013.

Fonte	Poluente	Unidades	Média	Tempo de funcionamento (h)	Massa (kg)	PAG	Pegada de Carbono (kgCO ₂ eq)
FF2	CO ₂	(m ³ /h)	3,22×10 ²	8,58×10 ³	5,42×10 ⁶	1	5,42×10 ⁶
	CO	(kg/h)	8,10×10 ⁻¹	8,58×10 ³	6,96×10 ³	3	2,09×10 ⁴
	Nox	(kg/h)	4,05×10 ⁻¹	8,58×10 ³	3,48×10 ³	8	2,78×10 ⁴
	SO ₂	(kg/h)	1,35×10 ⁻¹	8,58×10 ³	1,16×10 ³	n.d	n.d
	COV (não metanado)	(kg C/h)	4,11×10 ⁻¹	8,58×10 ³	3,53×10 ³	11	3,88×10 ⁴
FF12	CO ₂	(m ³ /h)	0,00×10 ⁰	1,16×10 ³	0,00×10 ⁰	1	0,00×10 ⁰
	CO	(kg/h)	0,00×10 ⁰	1,16×10 ³	0,00×10 ⁰	3	0,00×10 ⁰
	Nox	(kg/h)	0,00×10 ⁰	1,16×10 ³	0,00×10 ⁰	8	0,00×10 ⁰
	SO ₂	(kg/h)	0,00×10 ⁰	1,16×10 ³	0,00×10 ⁰	n,d	n,d
	COV (não metanado)	(kg C/h)	1,60×10 ⁻²	1,16×10 ³	1,85×10 ¹	11	2,03×10 ²

n.d. – não definido

Anexo D – Emissões Fugitivas

Tabela D1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada às emissões fugitivas.

Equipamento	Gás Refrigerante	PAG	Quantidade de Gás (kg)	Recarga (%)	Quantidade de Gás Recarregada (kg)	Pegada de Carbono (t CO ₂ eq)
Ar condicionado fixo	R134a	1 300	0,5	2,50%	0,01	0,02
Sistema de refrigeração	R404a	3 260	4,5	2,50%	0,11	0,37
Ar condicionado Mural	R410a	1725	1,45	2,50%	0,04	0,06
Contra incêndios	HFC-227	2900	85	100,00%	85,00	246,50
Comutadores de alta tensão	SF6	23900	23,572	8,00%	1,89	45,07
Equipamentos fixos de ar condicionado/bomba de calor	R134a	1300	0,5	2,50%	0,01	0,02

Anexo E – Deslocações dos Colaboradores de Avião

Tabela E1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada às deslocações dos colaboradores de avião no ano de 2013.

Mês	Destino	Aeroporto	Distância (km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ eq)
janeiro	Esipovo	Sheremetyevo	7374	1352
	Esipovo	Sheremetyevo	7374	1352
	Zbaszyn	TXL	4166	764
	Zbaszyn	TXL	4166	764
	Shangai	Pudong - PVG	21030	3857
	Shangai	Pudong - PVG	21030	3857
	Danville	GSO	11982	2198
	Esipovo	Sheremetyevo	7374	1352
	Lubawa	GDN	5040	924
	Shangai	Pudong - PVG	21030	3857
	Zurique	ZRH	3068	563
	Shangai	Pudong - PVG	21030	3857
	Lubawa	GDN	5040	924
	Lubawa	GDN	5040	924
	Zbaszyn	TXL	4166	764
	Lubawa	GDN	5040	924
	Zbaszyn	TXL	4166	764
	Shangai	Pudong - PVG	21030	3857
	Zbaszyn	TXL	4166	764
	Shangai	Pudong - PVG	21030	3857
	Lubawa	GDN	5040	924
fevereiro	Zbaszyn	TXL	4166	764
	Almhult	CPH	4466	819
	Suecia	CPH	4466	819
	Barcelona	BCN	1810	332
	Suecia	CPH	4466	819
	CPH	CPH	4466	819
	OSLO	OSL	5028	922
	Estocolmo	ARN	5480	1005
	Suecia	CPH	4466	819
	Almhult	CPH	4466	819
	Zbaszyn	TXL	4166	764
	Estrasburgo	STR	3264	599

Anexo F – Transporte de Matéria-Prima

Tabela F1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada ao transporte de matéria-prima durante o ano de 2013.

Matéria Prima	Origem	Número de Viagens (ano⁻¹)	Distância Percorrida (km)	Pegada de Carbono (kg CO₂ eq)
<i>Boards</i>	Valladolid	1500	642000	558540
<i>Boards</i>	Linares	400	312000	271440
<i>Boards</i>	Oliveira do Hospital	950	179550	156209
<i>Boards</i>	Mangualde	80	13200	11484
<i>Edgeband</i>	Visbek	24	54984	47836
<i>Edgeband</i>	Tortosa	24	23544	20483
<i>Edgeband</i>	Giulianova	24	58344	50759
<i>Finish Foil</i>	Shinjuku - Ku	15	171000	148770
<i>Finish Foil</i>	Ozorków	30	90810	79005
<i>Finish Foil</i>	Glucholazy	24	69744	60677
<i>Finish Foil</i>	Aschaffenburg	24	52248	45456

Anexo G – Deslocações dos Colaboradores

Tabela G1 – Exemplo da Tabela utilizada no cálculo da pegada de carbono associada à deslocação dos colaboradores durante o ano de 2013.

Morada	Localidade	Distância percorrida (km)	Consumo de gasóleo (tep)	Consumo de gasolina (tep)	Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq)
Rua Dr Leão Meireles, nº 80, 2º andar	Paços de Ferreira	1263	$5,92 \times 10^{-2}$	$3,54 \times 10^{-2}$	286
Rua prof Carlos Teixeira nº 38 4ºD	Porto	7625	$3,57 \times 10^{-1}$	$2,14 \times 10^{-1}$	1726
Rua das Luzes nº377	Gondomar	7843	$3,67 \times 10^{-1}$	$2,20 \times 10^{-1}$	1775
Rua do Socialismo nº 20	Vila do Conde	9155	$4,29 \times 10^{-1}$	$2,56 \times 10^{-1}$	2072

Anexo H – Transporte dos Resíduos Produzidos

Tabela H1 – Exemplo da monitorização feita durante 22 dias da distância percorrida no transporte dos resíduos produzidos pela IKEA Industry.

Marca/Modelo do Veículo	Número de Cargas	Tipo de Resíduo	Entidade	Data	Distância Percorrida (km)
Scania 420	1	Serrim	Casal Carreira biomassa	06-03-2014	464
Mercêdes Atcros	1	Serrim	Enermontijo	06-03-2014	70
Volvo FH 12	3	Embalagens de madeira	Ecociclo	12-03-2014	110
Scania 380	1	Resíduos Perigosos	EGEO Estarreja	28-03-2014	152
Scania 300	1	Vidro	EGEO Trofa	28-03-2014	39